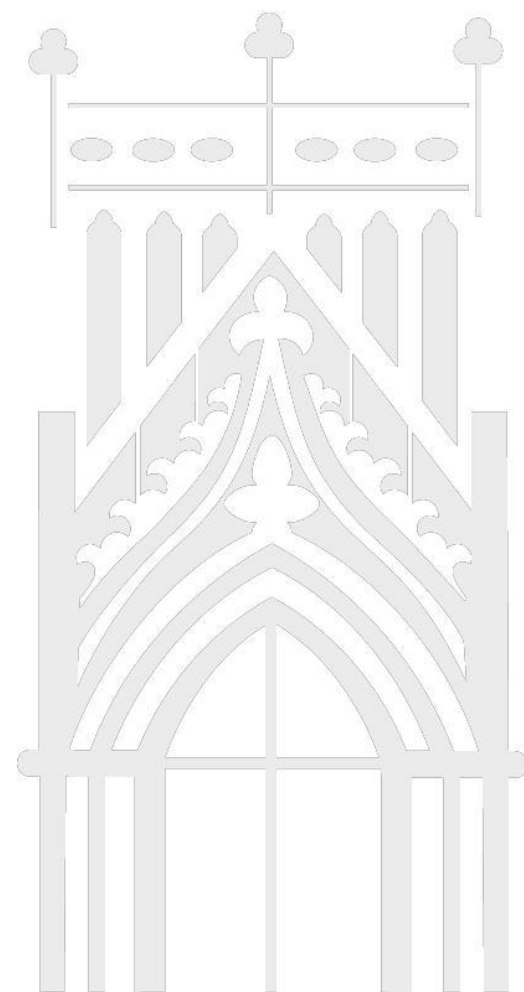


**Mestrado em Ciências do Desporto**  
Desportos de Academia

Análise biomecânica de diferentes posições  
de exercício em Hidrobike

Inês Dias Mendes Martins

novembro | 2015



Escola Superior de Educação,  
Comunicação e  
Desporto



Instituto Politécnico da Guarda  
Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto

**Análise biomecânica de diferentes posições de exercício em  
Hidrobike**

Dissertação apresentada com vista a obtenção do grau de mestre em Ciências do Desporto, Área de especialização em Desportos de Academia, da Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto, nos termos do Regulamento dos cursos de Mestrado aprovado no Conselho Superior de Coordenação do IPG, em 18 de setembro de 2013.

Inês Dias Mendes Martins

novembro, 2015

Instituto Politécnico da Guarda  
Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto

**Análise biomecânica de diferentes posições de exercício em  
Hidrobike**

Dissertação apresentada com vista a obtenção do grau de mestre em Ciências do Desporto, Área de especialização em Desportos de Academia, da Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto, nos termos do Regulamento dos cursos de Mestrado aprovado no Conselho Superior de Coordenação do IPG, em 18 de setembro de 2013.

Orientador: Prof. Doutor Mário Jorge de Oliveira Costa

Coorientadora: Prof. Doutora Carolina Júlia Félix Vila-Chã

Inês Dias Mendes Martins

novembro, 2015

## **Agradecimentos**

Agradecer é admitir que existiram momentos em que se precisou da ajuda de alguém. É reconhecer que o Homem jamais poderá lograr para si o dom de ser autossuficiente. Ninguém cresce sozinho, é sempre necessário um voto de confiança, um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão e uma atitude de amor.

No desenvolvimento deste trabalho muitas pessoas foram determinantes a quem estou imensamente grata. Assim, desde logo, a minha família que foi imprescindível no seu apoio incondicional, em todos os momentos da minha vida académica, sem nunca me darem uma palavra negativa pela realização deste objetivo, mas pelo contrário, incentivando-me sempre, nunca me deixando desistir, apesar das dificuldades e obstáculos surgidos. Uma palavra positiva e um sorriso estiveram sempre presentes.

Ao meu pai, Joaquim Mendes Martins, o homem que tanto admiro, sempre pronto e atento a apoiar-me nos momentos mais difíceis da minha vida.

Sempre ouvi dizer que o coração de uma mãe é a sala de aula do seu filho. Por todo o amor, incentivo, força, dedicação e ajuda, agradeço à minha mãe, Narcisa Martins, o seu contributo para a concretização deste trabalho.

Aos meus amigos, nomeadamente à Maria Luísa Romana e ao Edmar Delgado, que me acompanharam ao longo deste trajeto, incentivando-me e motivando-me em todos os momentos em que me sentia desanimada e triste, bem como pela sua compreensão e paciência ao longo deste ano. Pelos sorrisos, pelos pensamentos positivos, fazendo questão de os manterem sempre presentes, tornando-se numa ajuda fundamental para continuar.

Ao Prof. Doutor Mário Costa, por ter aceitado ser meu orientador na dissertação de mestrado, por ter acreditado em mim e neste projeto, pela sua paciência, compreensão, transmissão e partilha de conhecimentos para tornar possível a conclusão deste estudo. Pela sua orientação atenta e competente ao longo de todo o trabalho, pela disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas, pelo incentivo ao rigor e à exigência que foram fatores determinantes que contribuíram para que este projeto tenha sido elaborado da forma mais correta possível.

À Prof. Doutora Carolina Vila-Chã pela preciosa ajuda enquanto coorientadora deste estudo, agradeço toda a paciência que sempre demonstrou comigo. A sua simpatia e

simplicidade, deixando-me sempre à vontade para esclarecer alguma dúvida que pudesse surgir. Agradeço a disponibilidade demonstrada para me apoiar em todos os obstáculos e dificuldades com que me deparei ao longo deste percurso. Toda a informação disponibilizada foi crucial para o meu crescimento académico, nesta fase.

Ao Prof. Doutor Marco Branco, docente no Instituto Politécnico de Rio Maior, pelo tempo despendido e por todos os esclarecimentos prestados sobre o sistema de análise cinemática.

Agradeço ao ginásio ForLife – Viseu, pela disponibilidade e simpatia em ceder uma bicicleta de hidrobike, ferramenta essencial para que fosse possível a recolha de dados para efetuar este estudo.

À minha colega de mestrado, Dalila Nunes, pela colaboração na realização do protocolo experimental e na recolha dos dados, sem ela teria sido tudo muito mais difícil e moroso.

A todas as pessoas que se disponibilizaram para colaborar voluntariamente na recolha de dados e para que a aplicação do protocolo experimental fosse possível. Por todo o carinho, simpatia e compreensão demonstrados ao longo desta fase, que foram cruciais para uma correta realização deste protocolo experimental.

E por fim agradecer a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

## Índice

<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. HIDROGINÁSTICA .....	3
2.1.1. <i>Propriedades Físicas da Água</i> .....	5
2.1.2. <i>Benefícios da hidroginástica</i> .....	6
2.1.3. <i>Variantes da hidroginástica</i> .....	8
2.2. A VARIANTE HIDROBIKE .....	9
2.2.1. <i>Caracterização do material</i> .....	11
2.2.2. <i>Movimentos Básicos</i> .....	12
2.3. AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA .....	15
2.3.1. <i>A biomecânica e as suas contribuições para o desporto</i> .....	15
2.3.2. <i>Os métodos experimentais utilizados pela biomecânica para abordar as diversas formas do movimento humano</i> .....	15
2.3.2.1. <i>Cinemetria</i> .....	16
2.3.2.2. <i>Antropometria</i> .....	18
2.3.3. <i>Dinâmica Inversa</i> .....	18
<b>3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
4.1. OBJETIVO GERAL .....	20
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>5. HIPÓTESES .....</b>	<b>21</b>
5.1. HIPÓTESES BÁSICAS .....	21
<b>6. METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
6.1. AMOSTRA E ENVOLVIMENTO .....	22
6.1.1. <i>Amostra</i> .....	22

6.2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL .....	22
6.2.1. <i>Preparação dos sujeitos da amostra</i> .....	22
6.2.2. <i>Procedimentos</i> .....	23
6.2.3. <i>Registo das imagens</i> .....	23
6.2.4. <i>Análise das imagens</i> .....	24
6.3. VARIÁVEIS EM ESTUDO .....	26
6.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	27
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>8. DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>10. PROPOSTAS FUTURAS .....</b>	<b>38</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>
<b>12. ANEXOS .....</b>	<b>44</b>
ANEXO 1: FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	44
ANEXO 2: DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO AO PARTICIPANTE .....	45

## Lista de abreviaturas

%	Porcentagem
°C	Graus centígrados
°	Graus
°/s	Graus por segundo
$\alpha$	Aceleração angular
$\eta^2$	Eta quadrado
<	Menor
>	Maior
$\leq$	Menor ou igual
$\simeq$	Aproximadamente
2D	Análise bidimensional
3D	Análise tridimensional
AEA	<i>Aquatic Exercise Association</i>
APAS	<i>Ariel Performance Analysis System</i>
Bpm	Batimentos por minuto
CA	Ciclismo aquático
CG	Centro de gravidade
CM	Centro de massa
DLT	<i>Direct Linear Transformation</i>
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência cardíaca
Fig.	Figura
Hz	Hertz
I	Momento de inércia



Kg/m	Quilogramas por metro
m	Massa do segmento
m	Metros
N	Newtons
N	Número de sujeitos da amostra
N.m	Newtons por metro
p	Nível de significância
PA	Pressão arterial
r	Raio de rotação
rad/s	Radianos por segundo
s	Segundos
T	Momento de força

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Representação de uma bicicleta (Ciclismo Aquático).....	11
<b>Figura 2</b> - Movimento 1: Pedalar sentado com as mãos na meia-lua e com os braços semi-flectidos.....	13
<b>Figura 3</b> - Movimento 2: Pedalar sentado com as mãos a meio das barras laterais com os braços semi-flectidos. ....	13
<b>Figura 4</b> - Movimento 3: Pedalar em pé com o corpo na vertical (ângulo de 90° com a água), com as mãos na extremidade das barras laterais. ....	13
<b>Figura 5</b> - Movimento 4: Sentado atrás do selim ( <i>SeatBack</i> ), com o corpo imerso até aos ombros, a agarrar o selim com as mãos e a pedalar. O corpo faz um ângulo de 90° com as pernas. ....	14
<b>Figura 6</b> - Movimento 5: Pedalar sentado na bicicleta, sem apoio dos braços. Realizar exercícios com os membros superiores contra a água ou fora de água (com uso ou não de material acessório, como halteres, prancha, esparguetes, aquafins...).....	14
<b>Figura 7</b> - Movimento 6: Sentado na bicicleta a segurar no guiador por baixo na barra horizontal (com um ângulo de 90° entre o braço e o antebraço), a pedalar de forma inversa.....	14
<b>Figura 8</b> – Principais pontos anatómicos de referência. ....	22
<b>Figura 9</b> – Perspectivas gerais do volume de calibração. ....	24
<b>Figura 10</b> - <i>Stick figure</i> .....	25
<b>Figura 11</b> - Variação angular da articulação do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício (posição de pé e posição sentado). ....	28
<b>Figura 12</b> - Variação da velocidade angular do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício (posição de pé e posição sentado). ....	29
<b>Figura 13</b> - Variação momento de força do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício (posição de pé posição sentado). ....	30

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Valores médios e desvio padrão da cinemática angular nas duas condições de exercitação.....	31
<b>Tabela 2</b> - Valores médios e desvio padrão da cinética angular nas duas condições de exercitação.....	31

## Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar a cinemática e a cinética angular entre diferentes posições de pedalar na modalidade de *hidrobike*. Dezassete mulheres jovens ( $21,6 \pm 1,6$  anos,  $58,5 \pm 7,9$  kg de peso corporal e  $1,60 \pm 0,06$  m de altura) foram escolhidas para pedalar na bicicleta durante um minuto a uma cadência de 149 bpm em duas posições de exercício: (i) de pé e; (ii) sentada. A análise cinemática de três ciclos completos foi realizada com um sistema de análise de movimento (APAS). As características cinéticas foram estimadas por dinâmica inversa 2D. Para o joelho e para o tornozelo foram determinados: o ângulo máximo, ângulo mínimo, amplitude de movimento, pico de velocidade angular, força horizontal máxima, força vertical máxima e pico de momento de força. Os valores mais elevados do ângulo máximo ( $168 \pm 9^\circ$ ), do ângulo mínimo ( $89 \pm 8^\circ$ ), da amplitude de movimento ( $79 \pm 6^\circ$ ) e do pico de velocidade angular ( $352 \pm 4^\circ/\text{s}$ ) foram verificados na articulação do joelho, para a posição de pé. Em contrapartida, no tornozelo, os valores mais elevados foram encontrados na posição sentada, mas apenas para o ângulo máximo ( $139 \pm 9^\circ$ ) e ângulo mínimo ( $100 \pm 9^\circ$ ). Para articulação do joelho, não se verificaram diferenças entre as posições de exercício relativamente à cinética angular. No entanto, a articulação do tornozelo apresentou uma força horizontal máxima superior ( $51 \pm 11\text{N}$ ) e um pico de momento de força superior ( $21 \pm 7\text{N.m}$ ) na posição sentada quando comparada com a posição de pé. Pode concluir-se que: (i) a cinemática angular é alterada quando são assumidas diferentes posições de pedalada na hidrobike; (ii) as forças articulares mais elevadas ocorreram nas articulações mais distais, tais como o tornozelo, mas apenas quando a pedalada foi realizada na posição sentada.

**Palavras-chave:** biomecânica, ciclismo, água, posições, joelho, tornozelo.

## Abstract

The aim of this study was to compare the angular kinematics and joint forces between different pedalling positions during water cycling. Seventeen young women ( $21.6 \pm 1.6$  years,  $58.5 \pm 7.9$  Kg of body weight and  $1.60 \pm 0.06$  m of height) were chosen to ride a stationary underwater bike during one minute at a cadence of 149 bpm's in two exercise conditions: (i) standing and; (ii) seated-down. Kinematic analysis of three full revolutions was performed with a motion analysis system (APAS). Kinetic characteristics were computed by 2D inverse dynamics. From the knee and ankle joints were determined: the maximum, minimum, range of motion, angular velocity peak, maximal horizontal force, maximal vertical force and torque peak. Higher values of maximum ( $168 \pm 9^\circ$ ), minimum ( $89 \pm 8^\circ$ ), range of motion ( $79 \pm 6^\circ$ ) and angular velocity peak ( $352 \pm 4^\circ/\text{s}$ ) were found in the knee for the standing position. In contrast, in the ankle, higher values were found when seated-down, but just for maximum ( $139 \pm 9^\circ$ ) and minimum ( $100 \pm 9^\circ$ ). No differences between exercise conditions were found in knee forces. However, ankle showed a higher maximal horizontal force ( $51 \pm 11\text{N}$ ) and torque peak ( $21 \pm 7\text{N.m}$ ) while seated-down. It can be concluded that: (i) angular kinematics are changed when assuming different pedalling positions in water cycling; (ii) higher joint forces occur in the most distal joints, such as the ankle, but just when pedalling while seated-down.

**Key-words:** biomechanics, cycling, water, positions, knee, ankle

“A atividade física constrói e revela o homem por dentro e por fora. À configuração dos ossos, músculos e articulações liga-se a arquitectura interior da consciência e da vontade”.

(Bento, 2004, p. 52)

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, os programas aquáticos tornaram-se uma das mais importantes atividades físicas, principalmente no âmbito do sistema primário de prevenção da saúde - no contexto de *fitness* - e no terceiro sistema de prevenção da saúde - no contexto da terapia e reabilitação. Estes programas aquáticos têm igual importância para reduzir o excesso de peso, melhorar o equilíbrio em pessoas idosas, o desempenho de atletas de elite e, ainda, a aptidão física de indivíduos saudáveis (Figueiredo, 1996).

As atividades físicas praticadas no meio aquático têm-se desenvolvido cada vez mais, fundamentadas pelas propriedades físicas da água que permitem a melhoria, no sistema cardiorrespiratório, da força muscular, flexibilidade e procuram, ainda, diminuir impacto nas articulações envolvidas (Sova, 1998).

Como refere Barata (2005), a hidroginástica adapta-se a diferentes finalidades, privilegiando o trabalho aeróbio, a flexibilidade e a mobilidade articular ou a força se forem usadas resistências adicionais flutuantes. Assim, tem-se observado o crescimento da sofisticação dos métodos de condição e reabilitação física realizados, neste meio. A utilização de equipamentos desenvolvidos especialmente para uso aquático como *aquafins*, halteres, barras, trampolins e bicicletas são exemplos dessa modernização.

A hidrobike é uma modalidade que emergiu dessa sofisticação e que se encontra em expansão na indústria do fitness aquático. Utilizando uma bicicleta na água e, através de algumas manobras semelhantes ao ciclismo praticado em meio terrestre, é possível realizar treino personalizado e/ou uma aula em grupo focada maioritariamente nos membros inferiores. Este tipo de modalidade é uma alternativa ao treino cardiorrespiratório que pode ser aplicado a pessoas de várias idades e níveis diferentes de aptidão física. Apesar de despertar um novo interesse ao nível do desenvolvimento de competências na água, este tipo de exercício não é novidade no contexto aquático. Desde há três décadas existem vários relatos sobre a modificação das bicicletas padrão para realizar os programas aquáticos (p.e. Morlok e Dressendorfer, 1974) ou mesmo sobre os efeitos desse tipo de exercício ao nível de adaptações fisiológicas agudas (p.e. Yazigi et al., 2013). No entanto, as evidências sobre os efeitos biomecânicos relacionados com aspetos de prevenção e/ou prescrição de exercício são escassos. Por esse motivo existe necessidade de compreender melhor os efeitos biomecânicos que estes tipos de programas possam implicar na sua realização. Assim, pensa-se que este trabalho constitui um contributo científico adicional para a compreensão do efeito destes programas na saúde e qualidade de vida dos praticantes.

O presente documento está organizado em quatro capítulos, conclusões, propostas futuras e referências bibliográficas. No primeiro capítulo é realizada uma abordagem ao enquadramento teórico do tema. Apresenta-se a revisão da literatura com incidência nas modalidades de hidroginástica e *hidrobike*. É feita a abordagem da temática – a variante de *hidrobike*, com referência aos movimentos básicos e às posturas específicas no desenvolvimento desta atividade aquática terminando com uma abordagem sobre “a avaliação biomecânica”. No segundo capítulo faz-se referência à definição do problema, aos objectivos e às hipóteses propostas. No capítulo três descreve-se a metodologia adoptada no desenvolvimento do estudo. É efectuada a descrição da amostra e do protocolo experimental bem como os procedimentos utilizados na recolha dos dados. São, também, apresentadas as técnicas e o *Software* (programas) utilizados para realizar o tratamento estatístico dos dados. No quarto capítulo é feita a apresentação e discussão dos resultados, estando estruturado em duas partes distintas: uma dedicada ao estudo descritivo, outra ao estudo comparativo. No final são apresentadas as conclusões retiradas do estudo e enumeradas recomendações para possíveis intervenções futuras.



## 2. Revisão da Literatura

Nesta revisão da literatura pretende-se enunciar não só a definição de vários conceitos relacionados com a atividade física e saúde no âmbito da hidroginástica e da *hidrobike* como os seus benefícios e, ainda, apresentar a caracterização do exercício realizado no meio aquático com base em pesquisas realizadas em artigos e livros da referida temática.

### 2.1. Hidroginástica

A hidroginástica é uma atividade aquática muito antiga existindo divergência entre autores em relação à sua origem. Porém, sabe-se que ela constitui uma ramificação da hidroterapia, advinda da Grécia e Roma antigas, onde os exercícios executados dentro de água já eram utilizados tanto como terapia e para recuperação de doenças como para promover a boa forma física (Zílio, 2005).

Surgiu no Brasil como actividade de reabilitação física (hidroterapia) na década de 70, mas somente a partir da década de 80 passou a ser aplicada como atividade física propriamente dita (Delgado & Delgado, 2001; Borges, 2007). Segundo estes autores durante muitos anos a Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos da América utilizaram a hidroginástica como terapia para proporcionar bem-estar físico e mental aos seus praticantes. Nos EUA, este tipo de programas foi aperfeiçoado e difundido ganhando vários adeptos, incluindo atletas de competição. Contudo, a hidroginástica teve a sua ascensão no início da década de 80 devido ao elevado número de lesões provocado pela prática da ginástica aeróbia.

De acordo com alguns autores (p.e. Bonachela; Nogueira, 1995), a hidroginástica teve o seu início e desenvolvimento na Alemanha, em meados do século XVIII. Direccionada, inicialmente, para pessoas com mais idade que necessitavam de praticar uma atividade física segura, sem aumentar os riscos ou lesões e lhes proporcionasse bem-estar físico e mental.

Segundo Bonachela (2001), essa prática de exercícios dentro de água chegou aos Estados Unidos por volta de 1700. Os médicos desenvolveram programas de reabilitação na água, ou seja, a atual hidroterapia. Os americanos, cientistas, médicos e professores de hidroginástica aperfeiçoaram a modalidade que saiu das suas características iniciais, que valorizava mais o campo da reabilitação funcional dos vários segmentos do corpo, passando para uma esfera maior, tornando-se uma atividade física de melhor qualidade, incorporando-se no mundo do *fitness*, que pode ser praticada por todas as pessoas.

O termo hidroginástica utiliza-se, presentemente, para designar de modo genérico uma variedade de propostas ou programas de exercícios aquáticos, desenvolvidos para a recuperação, o aperfeiçoamento da aptidão física ou como forma de treino complementar à preparação física de várias modalidades desportivas (Nogueira, 1997; Lopes & Santos, 2002).

Como refere Sova (1998), através da hidroginástica é possível alcançar todos os objetivos derivados dos exercícios realizados no solo, com a vantagem de minimizar vários dos efeitos colaterais como dores, superaquecimento, transpiração e sensação de exaustão. A hidroginástica é uma união de exercícios aeróbios e localizados, alongamentos e relaxamento, realizados dentro de água.

Segundo Katz (1999), a hidroginástica é uma forma relativamente nova de realização de exercícios aquáticos que envolve exercício contínuo e ritmado, realizado em água superficial e/ou profunda.

A hidroginástica encontra-se muito difundida sendo praticada por muitas pessoas com diferentes objetivos que vão desde o tratamento de doenças à prática recreativa (Bonachela, 1999, Delgado&Delgado, 2001).

Segundo Santos (2003) a hidroginástica pode ser considerada como a soma de exercícios com movimentos precisos e bem orientados num meio onde a ação da gravidade é minimizada evitando, assim, os traumatismos comuns à prática de atividade física.

Barbosa (2005) refere que a hidroginástica poderá ser a atividade mais indicada para os indivíduos que não apresentam uma boa adaptação ao meio aquático ou até para aqueles que não sabem nadar. A natação é constantemente prescrita pela comunidade médica como uma das atividades mais indicadas para adultos. No entanto, nem todas as pessoas terão formação motora suficiente para adotar essa prescrição médica, sendo a hidroginástica um programa de atividade física que combina uma série de fatores que permitem abarcar um maior número de praticantes. Na era moderna, essa modalidade de exercícios voltou a ser desenvolvida por alemães e americanos (Zílio, 2005).

Durante os últimos anos as atividades realizadas no meio aquático transformaram-se num meio popular de atividade física, onde a hidroginástica é um caso exemplar. A hidroginástica pode ser definida como uma atividade física organizada por exercícios aquáticos específicos, predominantemente na posição vertical, assentes no uso de resistência da água como sobrecarga sobre o aparelho locomotor (Kruel et al, 2009).

Uma das instituições com maior relevo a nível mundial, no âmbito das atividades aquáticas, é a *Aquatic Exercise Association* AEA (2008), que descreve a hidroginástica como uma atividade realizada na posição vertical, em água superficial e/ou água profunda que promove e aumenta a condição física e mental.

A definição de hidroginástica e a sua abrangência difere de autor para autor mas existe uma ideia comum entre a maioria que se refere à importância da prática de hidroginástica como uma forma de promover a saúde ao longo das várias fases da vida da população em geral.

Em síntese, a hidroginástica consiste num programa de atividade física especialmente orientado para a saúde que consiste em sessões que incluem exercícios executados no meio aquático, com ou sem material auxiliar, aproveitando os benefícios que a água proporciona. Este tipo de programas visa a melhoria da aptidão física, cria hábitos de vida saudáveis, sendo promotor da saúde. As principais características que a distinguem das atividades no meio terrestre com o mesmo fim são o aproveitamento da resistência da água como sobrecarga e da impulsão hidrostática como atenuadora do impacto mecânico sobre o aparelho locomotor. Isto permite a prática de exercícios, mesmo em intensidades elevadas, sendo o risco de lesão músculo-esquelética atenuada.

Devido à posição vertical, a hidroginástica também se torna importante para as pessoas que possuem insegurança no meio aquático. Para os praticantes que não podem suportar o seu próprio peso ao realizarem exercícios em terra, a hidroginástica é a atividade ideal pelo facto de causar menor carga mecânica no aparelho locomotor, facilitando a sua prática em algumas populações alvo (p.e. sujeito com sobrepeso, grávidas, sujeitos com lesões músculo-esqueléticas). Das diversas componentes de aptidão física a desenvolver destacam-se a força e a resistência muscular, a capacidade cardiorespiratória e a amplitude articular. Por fim, todos estes objetivos específicos e parcelares da hidroginástica, remetem para a manutenção ou melhoria do bem-estar geral e da qualidade de vida dos seus praticantes.

### **2.1.1. Propriedades Físicas da Água**

A utilização do meio aquático para a realização de exercícios físicos está fundamentada no aproveitamento das propriedades físicas da água. Essas características possibilitam a realização de exercícios aeróbios, de flexibilidade, de força muscular e resistência num só lugar (Zílio, 2005).

De acordo com Figueiredo (1996); Bonachela (2001); Delgado e Delgado (2001), a água possui propriedades úteis à prática do exercício físico, sendo as seguintes:

- Massa - quantidade que um objeto contém de substância ou matéria;
- Peso - efeito da gravidade sobre a massa. No meio líquido a ação da força da gravidade diminui bastante, reduzindo até 90% o peso corporal. Este facto pode explicar a menor incidência de lesões osteoarticulares que ocorrem na água (Delgado & Delgado, 2001; Silva; Neto, 2006);

- Densidade - relação entre a massa de uma substância e o seu volume: se um objeto tiver densidade maior do que a água, ele afunda, caso contrário, ele flutua;
- Flutuação - força exercida no sentido oposto à força da gravidade. O corpo submerso está sujeito à ação de forças de resistência que dificultam os deslocamentos mas que, ao mesmo tempo, atuam favorecendo a flutuação (Ramaldes, 2002);
- Pressão hidrostática - pressão exercida pela água em todas as partes do corpo imersas, aumentando conforme a densidade e a profundidade da água (líquido) aumentarem;
- Arrasto hidrodinâmico - a água é muito mais resistente do que o ar, exigindo assim maior esforço para a realização dos exercícios. A resistência da água é a sobrecarga natural que impomos aos praticantes;
- Viscosidade - proporciona resistência ao movimento em qualquer direção;
- Temperatura - tem um papel importante quando pretendemos alcançar o efeito de redução do tônus muscular (descontração, relaxamento). Se a temperatura estiver abaixo de 27°C - 28°C, este objetivo não será alcançado. Em contrapartida, temperaturas acima de 31°C só são recomendadas no caso de trabalhos terapêuticos. Para a hidroginástica a temperatura ideal da água deve ser mantida entre 26 e 29° C (Delgado & Delgado, 2001). A hidroginástica tem um impacto osteoarticular muito reduzido e a temperatura diminui o risco de lesões e as dores musculares depois do exercício.

### **2.1.2. Benefícios da hidroginástica**

De uma forma geral os exercícios na água não oferecem riscos na sua execução proporcionando melhor aquisição da condição aeróbia, melhor amplitude de movimentos articulares, fortalecimento da musculatura enfraquecida, equilíbrio postural e coordenação geral (Campion, 2000).

Como refere Bonachela (2001), o exercício no meio aquático proporciona benefícios fisiológicos, psicológicos e sociais. De entre os benefícios fisiológicos encontram-se a melhoria da resistência cardiovascular, o reforço muscular, a melhoria da flexibilidade, a manutenção do controlo neuro motor, a melhoria do equilíbrio e uma maior agilidade e rapidez nos movimentos.

Segundo Tsourlou et al. (2006), o exercício aquático tem sido proposto como uma alternativa de exercício a fim de melhorar a condição física, especialmente em indivíduos com baixos níveis de aptidão física, como é o caso dos idosos.

Castro (2008) apresenta definições sobre os efeitos positivos dos seus exercícios na resistência, força, autonomia funcional, flexibilidade, entre outros benefícios fisiológicos além dos psicológicos e da autoestima (Alves et al. in Castro, 2008).

Segundo Bonachela (1994) a hidroginástica proporciona os seguintes aspectos psicológicos: contribuir para melhorar a auto-estima, o bem-estar físico e mental proporcionando uma vida saudável, proporcionar a integração e a socialização, estimular a auto-confiança, diminuir a ansiedade, a aprendizagem de novas competências trazem satisfação pessoal.

De acordo com Villa e Calvo (1998) alguns benefícios psicológicos são mencionados como a sensação de bem-estar, a manutenção da saúde mental, a melhoria do funcionamento cognitivo e a melhoria da capacidade de aprendizagem. A nível social os benefícios são a maior integração, a realização de novas amizades e o relacionamento com pessoas de todas as idades.

Os praticantes de hidroginástica têm tendência à elevação da auto-estima, alívio dos níveis de *stress* e maior disposição para enfrentar as atividades quotidianas (Tahara, 2006).

Para Valsijev (1997) as aulas de hidroginástica promovem a socialização, já que permitem que pessoas nas mais diversas faixas etárias participem da mesma aula. Segundo Cruz e Notini (2004) a inclusão de animação nas aulas de hidroginástica melhora o relacionamento interpessoal e estimula a cooperação. Assim, atingindo o aspeto emocional e social existe a possibilidade de aumentar a qualidade de vida. Nahas (2001) comenta que o atual contexto das sociedades contemporâneas, o estilo de vida ativo, hábitos saudáveis e a atividade física, como a hidroginástica, podem cada vez mais representar fatores decisivos na qualidade de vida e sensação de bem-estar. Esses fatores múltiplos promovem nos indivíduos, satisfação no trabalho, prazer, boas relações familiares, entre outros, numa combinação que caracteriza os níveis qualitativos em que vive o homem contemporâneo. Segundo os estudos de Tahara et al. (2006) é perceptível haver possibilidade de estabelecer novas relações interpessoais e consequente aumento dos laços de amizade, interesse em compartilhar experiências e ideais.

Para Bonachela (1994) estes benefícios para que sejam alcançados é imprescindível que o professor siga alguns princípios pedagógicos: motivação, individualização, continuidade e sobrecarga. Segundo a explicação do mesmo autor, no princípio da motivação, o professor deve incentivar e estimular seus alunos a manter um ritmo de execução dos exercícios para que não haja perda do interesse pela atividade. No princípio da individualização o aluno determina o grau de esforço que será capaz de suportar (Bonachela, 1994). Posteriormente, no princípio da continuidade, o trabalho do professor está baseado no resultado da alternância entre esforço e a recuperação dos exercícios implementados durante as aulas (Bonachela, 1994). Por fim, o princípio da sobrecarga determina gradativamente o número de repetições, duração e intensidade dos exercícios na hidroginástica (Bonachela, 1994). Verifica-se a necessidade de

mais estudos sobre os benefícios pedagógicos na hidroginástica, pois são de extrema importância para o professor estruturar e elaborar os seus programas de aulas.

### 2.1.3. Variantes da hidroginástica

Em termos técnicos, considera-se uma variante da hidroginástica, uma aula deste âmbito mas que apresenta um formato diferente no uso das propriedades físicas da água (Sova, 1993; Barbosa, 1999).

Segundo Barbosa (2000), as diferenças entre as variantes consubstanciam-se nos objetivos, nos meios e nos métodos de trabalho a serem adotados. Assim, todos os movimentos devem ser adaptados às características específicas de cada indivíduo e ao meio onde se desenrola a actividade.

Atualmente, verificam-se alterações ao nível do público e das suas exigências. Desta forma, surgiram novas variantes, atraindo uma população mais jovem, com aulas mais intensas. Recentemente, a submersão dos aparelhos (p.e. ergómetros, equipamentos de arrasto, equipamentos de flutuação) é também uma tendência nas atividades aquáticas. Algumas das muitas variantes da hidroginástica são, por exemplo: a dança aquática, o *deepwater*, o *jogging* aquático, o *step* aquático, a aula localizada, as atividades em estações e a *hidrobike*.

A dança aquática é similar à aula tradicional de hidroginástica. Contudo, neste caso, são apresentadas sequências coreográficas bastante mais complexas onde podem ser incorporados movimentos que têm por base passos de diversas expressões da dança.

O *deepwater* refere-se a qualquer tipo de exercício realizado na posição vertical na zona profunda da piscina. Usualmente são utilizados equipamentos de flutuação, como os cintos de flutuação ou as caneleiras.

O *jogging* aquático consiste na realização de caminhadas ou de corridas, em água superficial ou em água profunda, estando o praticante sujeito a uma carga susceptível de produzir benefícios, principalmente, a nível cardiorrespiratório. No caso de ser praticado em água profunda, tal como no *deepwater*, o praticante poderá utilizar, ou não, equipamentos de flutuação.

O *step* aquático caracteriza-se pela utilização de uma plataforma elevada, que se encontra no fundo da piscina, para onde se sobe e desce alternadamente. A altura do *step* deve ser tal que permita ao subir para ele, que o membro inferior do praticante não faça uma flexão superior a 90 graus. No que se refere à profundidade a que se deve trabalhar, quando o praticante se encontra em cima da plataforma, a superfície da água deverá encontrar-se, aproximadamente, pelos cotovelos. Quando em contacto com o fundo da piscina, o nível da água deve estar, sensivelmente, pelas axilas.

Na aula localizada, o objetivo é trabalhar um dado grupo muscular de cada vez. Esse trabalho baseia-se principalmente no desenvolvimento de capacidades motoras como a força e a flexibilidade.

Nas atividades em estações, cada estação pode ter como objetivo desenvolver, quer capacidade cardiorrespiratória, quer a força muscular. Essas estações encontram-se espalhadas por toda a piscina e o praticante irá percorrê-las todas. Uma outra forma de organização consiste na execução dos praticantes frontalmente ao professor e, em intervalos previamente definidos, alternando tarefas com objetivos eminentemente aeróbios e atividades com o propósito de desenvolver diversas manifestações da força.

## **2.2. A variante hidrobike**

A *hidrobike* é uma modalidade recente, conhecida como *Aquabike* ou Ciclismo Aquático (CA) desenvolvida para o exercício na água, com uma bicicleta construída propositadamente para esse efeito. Tem sido crescentemente recomendada como alternativa de exercício físico tanto no treino cardiorrespiratório como no treino da função neuromuscular. É baseada no uso de uma bicicleta fixa no fundo da piscina e surgiu com a intenção de ser mais uma modalidade em ambiente aquático, proporcionando aos seus praticantes uma opção de atividade física. Esta modalidade tem como objetivo trabalhar os membros superiores e inferiores, tendo em consideração o tipo de carga (Brasil, 2005; Di Masi, 2005).

A primeira adaptação do ciclismo ao meio aquático surgiu em 1998, no Congresso de Exercícios Aquáticos (AEA) em San Diego, Estados Unidos da América, onde foi nomeado de *Water Spinning Workout* (Tenente, 2009). Nesta fase eram apenas realizadas simulações de manobras porque não existiam bicicletas. As aulas eram lecionadas em piscinas fundas sem promover impacto com o solo e eram improvisadas com alguns equipamentos flutuantes: coletes, halteres, esparguetes e caneleiras. Para aumentar a intensidade eram utilizados equipamentos de resistência como por exemplo as luvas e os aquafins (Brasil, 2005; Di Masi, 2005).

A bicicleta, adaptada ao meio aquático, foi idealizada por italianos, dois anos após o Congresso, concretizando a possibilidade de um treino aquático utilizando as manobras do ciclismo, bem como um exercício estacionário, de maior controlo. O lançamento oficial da bicicleta (*hydrorider*) foi em 2001, no congresso da AEA, na Flórida, juntamente com a metodologia própria da *hydrorider* (Tenente, 2009).

Em Portugal, a Aquaplay (Aquaplay, 2009), fundada em 2004, teve como principal aposta a representação da *hydrorider*. A combinação entre a Aquaplay com a *hydrorider* foi e continua a

ser a única responsável pela correcta implementação e pelo sucesso da modalidade de *hidrobike* a qual foi definitivamente implementada em Portugal, em junho de 2004. Entre os vários modelos de bicicletas aquáticas existentes podemos referir: *Aquabike Aquaspin*, *Hydrorider*, JAD, H2O Fit, entre outros.



### 2.2.1. Caracterização do material

Em termos gerais, para a prática de *hidrobike* é necessário o uso de equipamentos: uma bicicleta estacionária aquática produzida em aço inoxidável. Esta foi criada para satisfazer a crescente procura da atividade na água (Fig. 1). As bicicletas pesam, geralmente, cerca de 25 Kg e ao contrário das bicicletas de *indoor cycling*, estas não possuem manípulo de carga, visto que a resistência ao exercício é oferecida pela própria resistência da água e depende, principalmente, da velocidade da pedalada. As pás das pedaleiras e o próprio pedal da bicicleta atuam juntamente com a água como resistência.



**Figura 1** - Representação de uma bicicleta (Ciclismo Aquático).

Fonte: <http://hidrobike.com.br/site/produtos/smart-bike/>

A bicicleta tem características avançadas para permitir o encaixe perfeito a qualquer pessoa. É regulada conforme as características anatômicas de cada praticante, sendo os ajustes feitos no guidador (mais alto ou mais baixo) e no selim, tendo este, duas formas de ajuste: quanto à altura (selim à altura da crista ilíaca) e quanto à sua distância do guidador (braço a 90°, colocar o cotovelo a tocar no selim e as pontas dos dedos a tocar no guidador).

O mecanismo da pedalada é constituído por quatro pás de resistência que dão ao eixo central contínuo uma resistência constante enquanto pedala. As bases das bicicletas são cobertas por uma borracha para melhor adesão ao piso e proteção. Estas são feitas à medida a fim de manter o nível da água entre a linha da cintura e a do peito.

O equipamento não requer nenhum cuidado especial. Os múltiplos propósitos do uso fazem dela um equipamento único, permitindo várias posições, utilizando sempre o meio aquático como uma maneira de intensificar o trabalho ou mesmo sustentar o peso corporal, permitindo que seja praticada por pessoas em processo de reabilitação, com limitações das articulações, fibromialgia, obesos, grávidas, atletas, indivíduos treinados ou não treinados.

De acordo com Tenente (2009), para a prática desta modalidade é necessário calçado específico para a água (sapatilha de silicone) para proteger as plantas dos pés na fixação plástica dos estribos e da base metálica do pedal onde a planta do pé descansa e roupa resistente como calções e t-shirts. A utilização de monitores de frequência cardíaca proporcionará maior acuidade do treino, traduzindo-se num acompanhamento de maior qualidade. As toucas de silicone ou de borracha devem ser evitadas porque aumentam o sobreaquecimento. Como solução devem ser utilizadas toucas de lycra ou bandanas.

O mecanismo da *hidrobike* foi projetado de acordo com os parâmetros biomecânicos, visando a melhor execução do movimento sem danos para o sistema esquelético e muscular, diminuindo o impacto sobre as articulações. No entanto, as evidências sobre este tipo de abordagens ainda carecem de verificação. O *design* da bicicleta possibilita o uso adequado das propriedades físicas da água na melhoria das capacidades cardiorrespiratória e muscular. O sistema do guiador é formado por duas barras laterais e uma meia-lua central e/ou barra central. A variação da posição das mãos possibilita a variação da carga aplicada no exercício, de acordo com a posição do corpo. A bicicleta apresenta uma ergonomia perfeita e é montada com materiais especiais que garantem resistência às duras aulas na água. Proporciona, conjuntamente, durabilidade, segurança e conforto ao praticante.

### 2.2.2. Movimentos Básicos

As atividades de *hidrobike* podem englobar seis posições diferentes, trabalhando de forma intensa os glúteos e membros inferiores e em menor proporção músculos estabilizadores do tronco. As posições são muito semelhantes às realizadas na modalidade de *indoor cycling*, porém com adição de exercícios para os membros superiores. As posições para a prática do exercício vão desde as tradicionais pedaladas em diferentes ritmos e velocidades até pedalar em pé, atrás da bicicleta ou mesmo com alongamentos para os membros superiores.

Os praticantes durante a aula ora ficam sentados ora ficam de pé. Normalmente, o alongamento inicial e o relaxamento final são realizados fora da bicicleta. Os membros superiores podem ser exercitados de forma circular, na superfície ou dentro de água ou na vertical empurrando ou arrastando a água.

Os diferentes movimentos adotados visam tanto diversificar o movimento da pedalada como provavelmente apontar para diferentes solicitações musculares, com diferentes impactos, no dispêndio energético. Contudo, esta última vertente não está explorada dado os escassos estudos neste tipo de atividade.



**Figura 2** - Movimento 1: Pedalar sentado com as mãos na meia-lua e com os braços semi-flectidos.

*Fonte:* <http://vivomaissaudavel.com.br/static/media/uploads/hidrobike.jpg>



**Figura 3** - Movimento 2: Pedalar sentado com as mãos a meio das barras laterais com os braços semi-flectidos.

*Fonte:* [http://2.bp.blogspot.com/-lpqJqaOn4f0/UulmQ8RDJeI/AAAAAAAAABvs/hzAQOSS7Q70/s1600/img-holdingaquaspinning\\_110522380030.jpg\\_article\\_singleimage.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-lpqJqaOn4f0/UulmQ8RDJeI/AAAAAAAAABvs/hzAQOSS7Q70/s1600/img-holdingaquaspinning_110522380030.jpg_article_singleimage.jpg)



**Figura 4** - Movimento 3: Pedalar em pé com o corpo na vertical (ângulo de 90° com a água), com as mãos na extremidade das barras laterais.

*Fonte:* <http://www.espaceform-cholet.com/wp-content/uploads/2011/11/aqua-cycling.jpg>



**Figura 5** - Movimento 4: Sentado atrás do selim (*SeatBack*), com o corpo imerso até aos ombros, a agarrar o selim com as mãos e a pedalar. O corpo faz um ângulo de 90° com as pernas.

Fonte: [http://www.hydorider.com/sites/default/files/imagecache/product\\_full/SeatBackPosition\\_1.jpg](http://www.hydorider.com/sites/default/files/imagecache/product_full/SeatBackPosition_1.jpg)



**Figura 6** - Movimento 5: Pedalar sentado na bicicleta, sem apoio dos braços. Realizar exercícios com os membros superiores contra a água ou fora de água (com uso ou não de material acessório, como halteres, prancha, esparguetes, aquafins...)

Fonte: <http://hidrobike.com.br/site/wp-content/uploads/2012/11/hidrobike2.jpg>



**Figura 7** - Movimento 6: Sentado na bicicleta a segurar no guidador por baixo na barra horizontal (com um ângulo de 90° entre o braço e o antebraço), a pedalar de forma inversa.

Fonte: <http://files.newsnetz.ch/story/3/0/9/30960673/1/topelement.jpg>

## **2.3. Avaliação Biomecânica**

### **2.3.1. A biomecânica e as suas contribuições para o desporto**

A biomecânica é a ciência da descrição e explicação mecânica das manifestações e causas dos movimentos, tomando-se por base as condições dos organismos (Willimczik, 1989). De acordo com Enoka (1988) a biomecânica caracteriza-se por ser o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos utilizando os métodos da mecânica.

A biomecânica encontra-se, entre as ciências derivadas das ciências naturais que se ocupa com análises físicas de sistemas biológicos, consequentemente, análises físicas de movimentos do corpo humano. Estes movimentos são estudados através de leis e padrões mecânicos em função das características específicas do sistema biológico humano, incluindo conhecimentos anatómicos e fisiológicos. No sentido mais amplo da sua aplicação é ainda tarefa da biomecânica das atividades desportivas a caracterização e otimização das técnicas de movimento através de conhecimentos científicos que delimitam a área de atuação da ciência, que tem no movimento desportivo o seu objeto de estudo.

É destacada a importância da biomecânica como uma ciência que examina o corpo humano e os seus movimentos fundamentando-se nas leis, princípios e métodos mecânicos e conhecimentos anátomo-fisiológicos (Donskoi, 1988). A biomecânica pode ser, ainda, definida como o estudo da estrutura e da função dos sistemas.

A biomecânica estuda diferentes áreas relacionadas ao movimento do ser humano e animais, incluindo: (a) funcionamento de músculos, tendões, ligamentos, cartilagens e ossos, (b) cargas e sobrecargas de estruturas específicas, e (c) fatores que influenciam a performance.

Deste modo, centrando-se a biomecânica na análise do movimento com dissecação da sua forma e expressão e das cargas sofridas pelas estruturas envolvidas, torna-se de todo interessante fazer essa abordagem numa modalidade que do ponto de vista científico carece de informação.

### **2.3.2. Os métodos experimentais utilizados pela biomecânica para abordar as diversas formas do movimento humano**

Para uma boa avaliação do movimento humano destaca-se quatro fases distintas que compõe o processo: medição, descrição, monitorização e análise sendo que, normalmente, em todos os níveis da avaliação os testes envolvem a participação do ser humano. Define-se a importância para que a biomecânica apresente grande preocupação com os seus métodos de medição, pois somente desta forma é possível evoluir com procedimentos aplicados mais aprimorados para a análise e interpretação do movimento desportivo.

De acordo com Amadio (1996) e Bauman (1995), os métodos de medição usados pela biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são a cinemetria, dinamometria, electromiografia e a antropometria. Utilizando estes métodos, o movimento poderá ser descrito e modelado matematicamente, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores do movimento do corpo humano (Amadio, 1996).

Tendo em foco o objetivo do presente estudo apenas se fará abordagem na presente revisão da literatura às metodologias que foram usadas nesta intervenção.

### **2.3.2.1. Cinemetria**

A cinemetria consiste na caracterização do movimento humano sem referência às forças envolvidas. É usada para o cálculo linear e angular dos deslocamentos, das velocidades e das acelerações dos segmentos corporais, tendo por base a recolha de imagens do movimento em estudo e a sua posterior análise (Winter, 2005).

Como refere Bartlett (1997), o processo mais frequente na análise cinemática é a videografia, através de câmaras digitais, pela sua enorme disponibilidade, durabilidade e facilidade de utilização. Desde 1967, a cinemetria com digitalização automática teve início com o desenvolvimento dos primeiros sistemas comerciais de análise, onde coordenadas de imagens já eram identificadas e digitalizadas automaticamente, facilitando assim, o armazenamento dos dados diretamente no computador para posterior análise. Este método tornou-se, então, numa ferramenta importante para quando se pretende mensurar como se comporta o corpo humano em movimento, do ponto de vista biomecânico. O instrumento básico para medidas cinemáticas é baseado em câmaras de vídeo que registam a imagem do movimento e, através de *software* específico, calculam as variáveis cinemáticas a analisar. Existem dois tipos distintos de análises cinemáticas: as análises bidimensionais (2D) e as tridimensionais (3D). Os procedimentos metodológicos incluem, num primeiro momento, a filmagem de um objecto de calibração, cujas coordenadas dos seus diversos pontos sejam conhecidas, e do movimento em estudo, por câmaras colocadas num só plano (estudos 2D) ou em diversos planos (estudos 3D). A extensão da área de calibração é de extrema importância, uma vez que os métodos de reconstrução são mais precisos dentro do volume de calibração.

Numa segunda fase, é utilizado um sistema vídeo-analógico de medição do movimento, ou seja, um programa informático, através do qual são captados os dados por meio de um procedimento manual ou automático de digitalização dos pontos de referência anatómica do indivíduo, em cada fotograma, identificados normalmente por marcadores externos, afixados na superfície cutânea, para definir a posição dos segmentos corporais, deixando-os desta forma, mais visíveis para a captura das imagens (Leg; Pollo, 2001). Os ângulos articulares e ângulos segmentares são

definidos a partir dos referidos marcadores. Os primeiros referem-se aos ângulos entre dois segmentos e são considerados ângulos relativos, os segundos referem-se aos ângulos com relação à horizontal e são considerados ângulos absolutos. Uma vez identificadas as marcas em todas as imagens (fotogramas) é feita a reconstrução da trajetória das mesmas. Para aplicações em cinemetria sugere-se procedimentos e sistemas em que se utilizam câmaras de vídeo que permitam a reconstrução tridimensional de pontos corporais em movimento. Recomenda-se, ainda, a utilização de câmaras digitais. A frequência do registo da imagem deve estar de acordo com a frequência natural do movimento a ser analisado.

Para calibragem das câmaras e posterior reconstrução das coordenadas de pontos de interesse sugere-se a utilização do método DLT (*Direct Linear Transformation*), (Abdel-Aziz e Karara, 1971), por tratar-se de procedimento padronizado e amplamente utilizado pela Comunidade Científica Nacional e Internacional.

Estas trajetórias são posteriormente suavizadas, removendo erros decorrentes de todo o processo, como, p.e., erros de digitalização ou erros devido à distorção das lentes, aumentando assim a fiabilidade dos resultados. Por fim, serão recolhidos os dados de interesse para o estudo sob a forma numérica, gráfica ou pictórica. Todo esse procedimento tem como objectivo a criação de imagens animadas de modelos espaciais, isto é, de um modelo que represente o sujeito através de segmentos rígidos e articulados, correspondentes aos diversos segmentos anatómicos a realizar na tarefa em estudo. Na cinemetria utilizada na área desportiva, os sistemas são orientados para as medições dos movimentos e posturas dos gestos desportivos realizados, através de imagens, registo de trajetórias, decurso de tempo, determinação de curvas de velocidade e aceleração, entre outras variáveis derivadas. A partir de variáveis trajetória e decurso do tempo gasto para executar o movimento, observam-se indicadores cinemáticos de importância estrutural para a avaliação do rendimento desportivo, a saber: variações lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade do centro de gravidade, dos segmentos e das articulações, determinação das variações da aceleração do movimento, tempo de reacção e tempo de movimento, entre outras variáveis a serem seleccionadas conforme os propósitos da análise e necessidades indicadas pelos técnicos e/ou atletas.

Em ambiente aquático, p.e., podemos utilizar a cinemetria para quantificar e qualificar os movimentos ou mesmo o equilíbrio estático ou dinâmico de um corpo ou objeto, devido ao avanço tecnológico e instrumentos desenvolvidos para isso, como a caixa estanque para as câmaras de obtenção de imagens aquáticas e *softwares* adaptados para o efeito.

### 2.3.2.2. Antropometria

A antropometria tem como objetivo determinar as características e propriedades do aparelho locomotor, tais como: as dimensões das formas geométricas de segmentos corporais, distribuição de massa, braços de alavanca, posições articulares, definindo um modelo antropométrico contendo parâmetros necessários para a construção de um modelo biomecânico da estrutura analisada, como a massa, o CM ou CG e o momento principal de inércia. Segundo Nigg e Herzog (2005) estas três propriedades inerciais são frequentemente requisitadas para as análises quantitativas do movimento humano.

A antropometria biomecânica visa o desenvolvimento de modelos antropométricos que sirvam à biomecânica para que, a partir dos movimentos dos segmentos ou dos corpos, possamos inferir as forças que lhes deram origem (dinâmica inversa) e estimar o centro de massa (para tal necessitamos de conhecer a massa dos corpos e segmentos, o que nos é dado pela antropometria).

Segundo Zatsiorsky et al. (1982, in Amadio, 1996), a antropometria, no âmbito biomecânico dedica-se, fundamentalmente ao estudo de:

- a) a geometria da massa corporal;
- b) o centro de massa do corpo;
- c) o momento de inércia de cada segmento corporal;
- d) o centro de massa de cada segmento;
- e) as dimensões e as proporções corporais.

A antropometria procura, portanto, modelos que possam ser utilizados para representar o corpo humano. Para isso, é necessário obter medidas médias de densidade corporal por segmentos, assim como o tamanho e proporção média dos segmentos corporais.

Na antropometria são obtidas as medidas inerciais do corpo do atleta, onde são usados desde a fita métrica, balanças, paquímetros digitais e ainda sistemas de digitação a laser no registo dos parâmetros antropométricos. Essas medidas são necessárias para a normalização dos dados, para a personalização dos modelos físico-matemáticos e para os métodos de simulação.

Esta área auxilia na descrição e análise do movimento, apoiando-se na construção de modelos antropométricos do corpo humano, tendo por base leis matemáticas e físicas, procurando a optimização do rendimento (Amadio, 1989).

### 2.3.3. Dinâmica Inversa

A dinâmica inversa é um problema inverso que geralmente se refere a qualquer dinâmica inversa de um corpo rígido ou dinâmica inversa estrutural. A dinâmica inversa, juntamente com



o modelamento do corpo humano em segmentos articulados, apresenta-se como a alternativa mais adequada à determinação das forças internas. A dinâmica inversa é uma poderosa ferramenta para o cálculo das resultantes das forças musculares nas articulações (Baumann, 1995). Este é um processo que consiste em obter a descrição cinemática do movimento, os dados antropométricos do modelo anatómico e as medidas das forças externas ao sistema evitando, assim, os procedimentos demasiado invasivos.

Por conceito, a dinâmica inversa de um corpo rígido é um método que serve para calcular forças e torques baseados nas propriedades cinemáticas e nas propriedades inerciais do corpo (massa e momento de inércia). Normalmente, este método usa modelos de segmentos para representar o comportamento mecânico de segmentos interligados, tais como os membros de seres humanos (Orselli e Duarte, 2011). A partir deste método é possível obter características cinéticas, apresenta-se como a alternativa mais adequada à determinação das forças internas quando não se têm dispositivos para medir tais indicadores. Tal como foi referido, o método direto usado para medir as forças internas é extremamente invasivo e na maioria das vezes impróprio para a rotina diária. Já a dinâmica inversa como método indireto é mais indicada quando o objetivo é estudar o controlo neuro-muscular.

Dependendo da ação motora em questão e os objetivos de análise articular podem assumir-se dois tipos de interpretação da dinâmica inversa:

Tipo 1: “*top-down*”, que privilegia o início da análise a partir da parte mais distal do corpo (p.e. mão, antebraço e braço). Neste contexto, apenas são necessárias para cálculo as propriedades inerciais dos segmentos anatómicos;

Tipo 2: “*bottom-up*”, que requer a análise desde o solo até à extremidade mais distal analisada (p.e. pé, perna, coxa, tronco, braço e antebraço). Esta abordagem necessita de uma análise combinada das forças de reação ao solo com a cinemática e as propriedades inerciais dos segmentos corporais com o intuito de reduzir o erro.

### 3. Definição do Problema

Atualmente as evidências em casos específicos de programas aquáticos como é o caso da hidrobike têm-se circunscrito ao domínio fisiológico. Do ponto de vista biofísico, qualquer modificação de comportamentos técnicos (e.g biomecânico) promovem diferentes respostas agudas em termos fisiológicos. Por esse motivo existe necessidade de complementar os efeitos destes programas com uma aproximação mais do ponto de vista biomecânico. Assim, pensa-se que este trabalho constitui um contributo científico adicional para a compreensão do efeito destes programas na saúde e qualidade de vida dos praticantes, reformulando como problema: Será que diferentes posições de exercitação em *hidrobike* promovem diferentes comportamentos na biomecânica, durante a pedalada?

### 4. Objetivos

#### 4.1. Objetivo geral

Analisar e comparar o comportamento biomecânico da pedalada entre diferentes posições de exercitação em *hidrobike*.

#### 4.2. Objetivos específicos

Foram definidos como objetivos específicos, os seguintes:

1. Caracterizar o padrão cinemático angular dos membros inferiores em duas posições de exercitação em *hidrobike*.
2. Analisar e comparar o padrão cinemático angular dos membros inferiores entre a posição de pé e a posição sentada, durante o exercício de *hidrobike*;
3. Analisar e comparar a cinética angular dos membros inferiores entre a posição de pé e a posição sentada, durante o exercício de *hidrobike*.

## **5. Hipóteses**

Tendo como base os objetivos estabelecidos para este estudo foram formuladas as seguintes hipóteses:

### **5.1. Hipóteses Básicas**

**H1:** existem diferenças significativas no padrão cinemático entre as diferentes posições analisadas.

**H2:** existem diferenças significativas na cinética angular entre as diferentes posições analisadas.

## 6. Metodologia

### 6.1. Amostra e envolvimento

#### 6.1.1. Amostra

A amostra total do estudo foi composta por 17 mulheres jovens ( $21,6 \pm 1,6$  anos de idade;  $58,5 \pm 7,9$  Kg de massa corporal; e  $1,60 \pm 0,06$  m de estatura). Assumiram-se como critérios de inclusão: (i) as participantes não reportarem qualquer patologia músculo-esquelética nos últimos seis meses; (ii) não terem qualquer tipo de experiência prévia neste tipo de exercitação; (iii) não se apresentarem grávidas. Todas as intervenientes no estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2). Os procedimentos foram aprovados pelo Comité Científico Institucional e realizados de acordo com a Declaração de Helsínquia nos que diz respeito à pesquisa em seres humanos.

### 6.2. Protocolo experimental

#### 6.2.1. Preparação dos sujeitos da amostra

Os sujeitos da amostra demonstraram disponibilidade para integrar o presente estudo e foram devidamente esclarecidos dos propósitos do mesmo e das tarefas que teriam de efetuar. Houve preparação prévia dos sujeitos para a aplicação do protocolo e para a recolha das imagens, tendo-lhes sido marcados, com marcador de cor preta, os principais pontos anatómicos de referência (Figura 8). A colocação de marcadores na superfície cutânea constitui o método mais frequente para medir o movimento humano. Assim, nos sujeitos foram efetuadas marcações nos trocânteres femorais (crista-ilíaca), nos côndilos femorais (joelhos) e nas duas regiões tibiotársicas (tornozelos).



**Figura 8** – Principais pontos anatómicos de referência.

### 6.2.2. Procedimentos

Os procedimentos experimentais decorreram numa piscina de 16 metros de comprimento, 1,30 metros de profundidade, com a temperatura de 28° C e humidade de 75%. Antes de se iniciar o teste propriamente dito cada sujeito da amostra realizou um curto aquecimento. O aquecimento foi realizado, dentro de água numa intensidade baixa que serviu, também, para a adaptação ao aparelho.

A tarefa experimental consistiu num protocolo contínuo a pedalar numa bicicleta estacionária desenhada para o meio aquático (Hydrorider Professional, Aquaplay, Portugal) durante 1 minuto, a uma cadência de 149 bpm correspondendo a 75 rotações por minuto. Cada sujeito da amostra foi avaliado em duas condições de exercitação: (i) na posição sentada e (ii) na posição de pé. Estes iniciaram o teste de forma aleatória, ou seja, sem qualquer ordem pré-definida, a qual se manteve ao longo de todos os procedimentos. Assegurou-se um intervalo de 3 minutos entre as duas condições de exercitação. Para imersão correta dos pontos anatómicos de referência foram realizados, quando necessários, os ajustes de regulação de altura do banco na bicicleta aquática. Para controlo do ritmo de execução foi utilizado um metrónomo digital (Korg, MA-30, Tokyo, Japan) ligado a um sistema de som. Contudo, sempre que se considerou necessário, os avaliadores deram *feedbacks* verbais aos sujeitos da amostra para que estes pudessem manter a sincronização entre a cadência musical e a frequência do movimento.

### 6.2.3. Registo das imagens

As imagens de vídeo dos sujeitos foram registadas no plano sagital, através de uma câmara de vídeo subaquática (Sony Action Cam HDR-S30V) inclusa numa caixa estanque. A câmara foi fixada na parede da piscina e registou as ações que se verificavam abaixo da superfície da água. Esta abordagem permitiu, ainda, integrar no campo de captação a totalidade do corpo do sujeito durante a realização do movimento, dentro de um volume de calibração retangular (2,52 m de largura por 0,33 m de altura). A posterior conversão das coordenadas do sistema informático em coordenadas reais foi possível através da colocação desse sistema de coordenadas fixo (Figura 9) de modo a permitir a reconstituição 2D das imagens reais. Antes da captação das imagens foi registado, durante 1 minuto, o objeto de calibração bidimensional. Este procedimento possibilitou a gravação das imagens, com uma frequência de amostragem de 50 Hz, no sentido de facultar a reconstituição das dimensões (horizontais e verticais) da imagem real dos sujeitos da amostra.



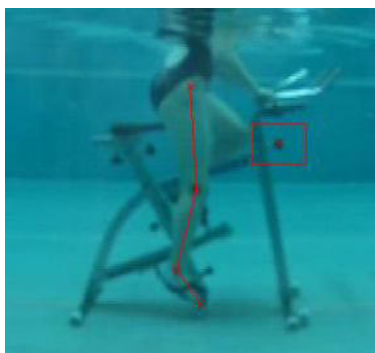
**Figura 9** – Perspectivas gerais do volume de calibração.

#### 6.2.4. Análise das imagens

O estudo consistiu na análise biomecânica da pedalada em *hidrobike*, em duas condições de exercitação distintas (posição sentada e posição de pé). Para tal, foram apenas utilizados 3 ciclos de pedalada referentes ao tempo intermédio (próximo dos 30s) do tempo total de execução. As características cinemáticas bidimensionais foram determinadas sob o plano subaquático a partir da digitalização das imagens do movimento filmado. O posterior tratamento numérico dos dados foi efectuado com recurso ao sistema de análise cinemática *Ariel Performance Analysis System* (APAS, Ariel Dynamics Inc, EUA). A reconstrução da cinemática do praticante foi feita através da aplicação do algoritmo DLT (*Direct Linear Transformation*) segundo Abdel-Aziz e Karara (1971). Os procedimentos metodológicos efetuados para a análise das imagens recolhidas, através do APAS, foram os seguintes:

- 1) Recolha e registo de cada movimento básico: - Esta etapa consistiu na conversão das imagens registadas na câmara digital, do formato mp4. para avi., no Windows XP.
- 2) Definição do modelo espacial: - Seguidamente, foi utilizado o modelo de Zatsiorsky e Seluyanov adaptado por de Leva (1996), composto de três pontos anatómicos de referência: os trocânteres femorais (crista-ilíaca), os côndilos femorais (joelhos) e as duas regiões tibiotársicas (tornozelos).
- 3) Introdução das coordenadas de posição (x,y) do sistema de referência utilizado: - O sistema de referência utilizado tinha a forma retangular com 2,52 m de largura e, 0,33 m de altura. Os pontos de referência, no volume de calibração, foram marcados a preto. As marcações tiveram como intuito aumentar o número de pontos de referência.

- 4) Digitalização dos pontos anatômicos de referência e do ponto de controlo, em cada fotograma: - O sistema de digitalização terminou com a introdução das coordenadas de posição do sistema de referência, prevendo 4 pontos, sendo que, apenas um ponto fixo foi marcado fora do volume de calibração. O ponto fixo é um ponto de controlo que teve de ser, necessariamente, visível durante todo o período de filmagem. Adicionalmente, em cada fase do movimento, também se digitalizou num único fotograma, os pontos que constituíam o sistema de referência utilizado. Efetuou-se a ligação e identificação entre os diversos pontos anatômicos de referência que fizeram parte do modelo, criando a respetiva *stick figure* (Fig. 10), ao longo de todos os fotogramas.



**Figura 10 - *Stick figure***

- 5) Reconstrução bidimensional de cada movimento básico: a reconstrução das imagens foi feita a partir do procedimento “*Direct Linear Transformation*” (Abdel-Aziz e Karara, 1971).
- 6) Filtragem dos resultados: realizou-se a filtragem dos resultados com o filtro *Digital Filter Algorithm*, com uma frequência de corte de 5Hz ( $x = 5$ ;  $y = 5$ ;  $z = 5$ ) como sugerido por Winter (1990). A suavização das curvas foi conseguida com recurso a dupla passagem de um filtro digital como já reportado anteriormente (Costa et al., 2011).
- 7) Visualização dos resultados por meio gráfico e numérico: a partir do módulo *display* foram recolhidos e exportados os dados cinemáticos para posterior tratamento. Este procedimento permitiu a produção de curvas médias dos elementos da amostra para cada variável dependente.

### 6.3. Variáveis em estudo

Foram definidas como variáveis dependentes das diferentes situações de exercitação da pedalada, as seguintes: a) ângulo máximo; b); ângulo mínimo c) amplitude de movimento; d) velocidade angular máxima; e) força máxima horizontal; f) força máxima vertical e; g) momento de força máximo. Como variável independente definiu-se a postura.

Como variáveis no âmbito da cinemática angular foram obtidas tanto para a articulação do joelho como para a articulação do tornozelo o ângulo máximo ( $^{\circ}$ ), o ( $^{\circ}$ ), a amplitude de movimento ( $^{\circ}$ ) e a velocidade angular máxima ( $^{\circ}/s$ ).

Como variáveis de cinética angular foram obtidas tanto para a articulação do joelho como para a articulação do tornozelo, a força máxima horizontal (N), a força máxima vertical (N) e o momento de força máximo (N.m). Estas características cinéticas do movimento foram obtidas com recurso à dinâmica inversa. Tal como foi discutido em capítulos anteriores, a dinâmica inversa é o processo que permite o cálculo das forças e momentos de força com base nas características cinemáticas e inerciais (massa e momento de inércia) dos corpos. Deste modo, o momento de inércia foi obtido de acordo com a seguinte equação:

$$I = m.r^2$$

Onde  $I$  representa o momento de inércia (em kg/m),  $m$  é a massa do segmento (em kg) e  $r$  é o raio de rotação (em m). Posteriormente, este valor foi usado num processo de dinâmica inversa para o cálculo dos valores de momento de força com recurso à equação:

$$T = I.\alpha$$

Onde  $T$  representa o momento de força (em N.m),  $I$  representa o momento de inércia (em kg/m) e  $\alpha$  representa a aceleração angular (em rad/s). Os valores de torque têm sido usados por possuírem estreita relação com determinadas lesões segmentares já reportados em outros desportos (p.e. Martin et al., 2014). Dado que o presente estudo foi realizado em ambiente aquático, foi necessário estimar a força de arrasto promovida pela água nos vários segmentos do membro inferior. Em todo o processo, assumiu-se o proposto por (Orselli e Duarte, 2011), que refere que a interação do corpo se fez com um fluido estacionário, ignorando os efeitos de fricção entre a pele e a água, considerando apenas o arrasto de pressão. Para o cálculo adicional, o valor padrão usado da força de arrasto foi de 23% como sugerido por Orselli e Duarte (2011) para a ação do caminhar aquático.

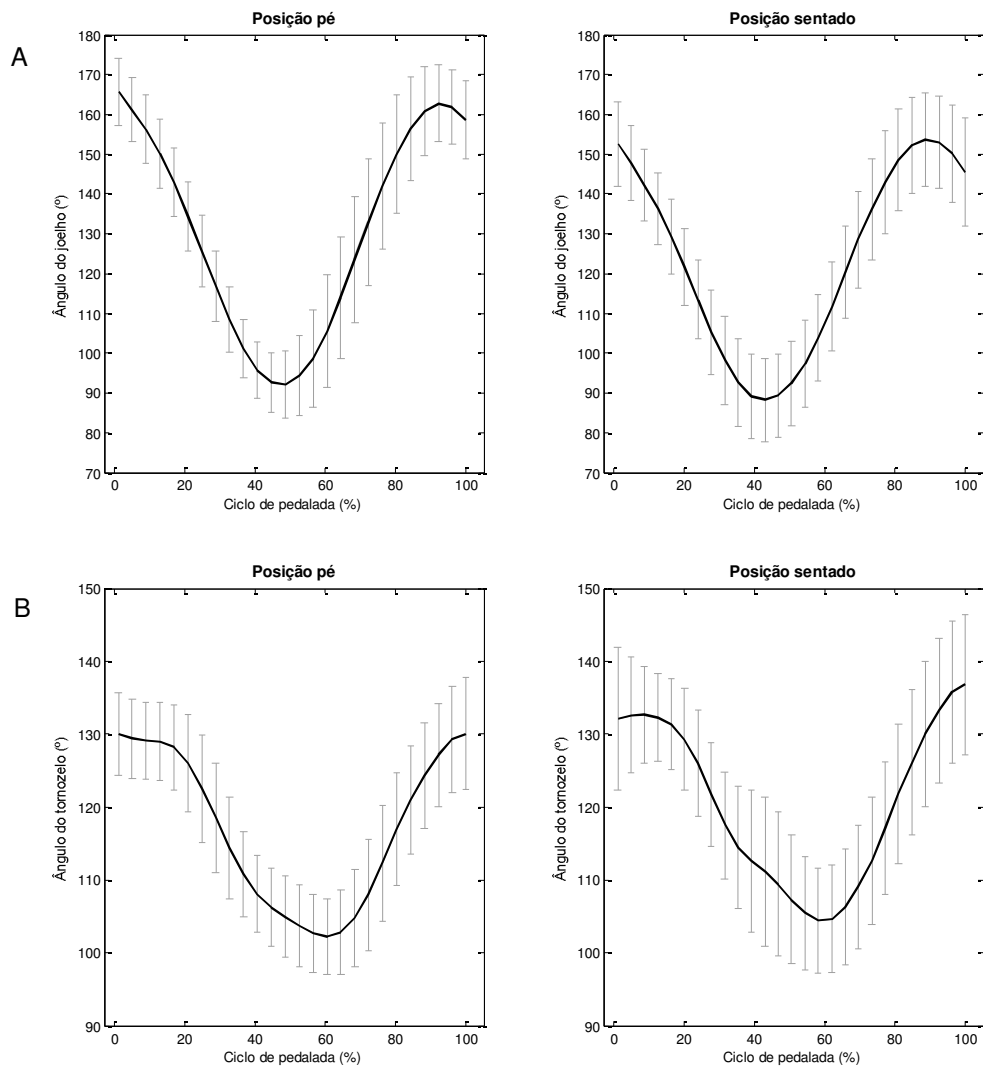


#### 6.4. Tratamento estatístico

A normalidade da amostra foi avaliada com recurso ao teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Dado que a normalidade não foi verificada e devido ao valor reduzido de N, recorreu-se à estatística não paramétrica. Para tratamento dos dados recolhidos foi utilizada a estatística descritiva determinando-se os parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). No âmbito da estatística inferencial, as diferenças entre condições de exercitação foram verificadas através do teste de *Wilcoxon* ( $p \leq 0,05$ ). Calculou-se o efeito prático com recurso ao eta quadrado ( $\eta^2$ ). Os valores foram interpretados de acordo com a sugestão de Ferguson (2009), sem efeito se  $0 < \eta^2 \leq 0,04$ ; reduzido se  $0,04 < \eta^2 \leq 0,25$ ; moderado se  $0,25 < \eta^2 \leq 0,64$  e forte se  $\eta^2 > 0,64$ . O nível de significância foi classificado como “diferença substancial” se significativo ( $p \leq 0,05$ ) com um efeito moderado a forte ( $\eta^2 > 0,25$ ) e “diferença significativa” se significativo ( $p \leq 0,05$ ) com um efeito reduzido ( $\eta^2 \leq 0,25$ ) (Winter, 2008).

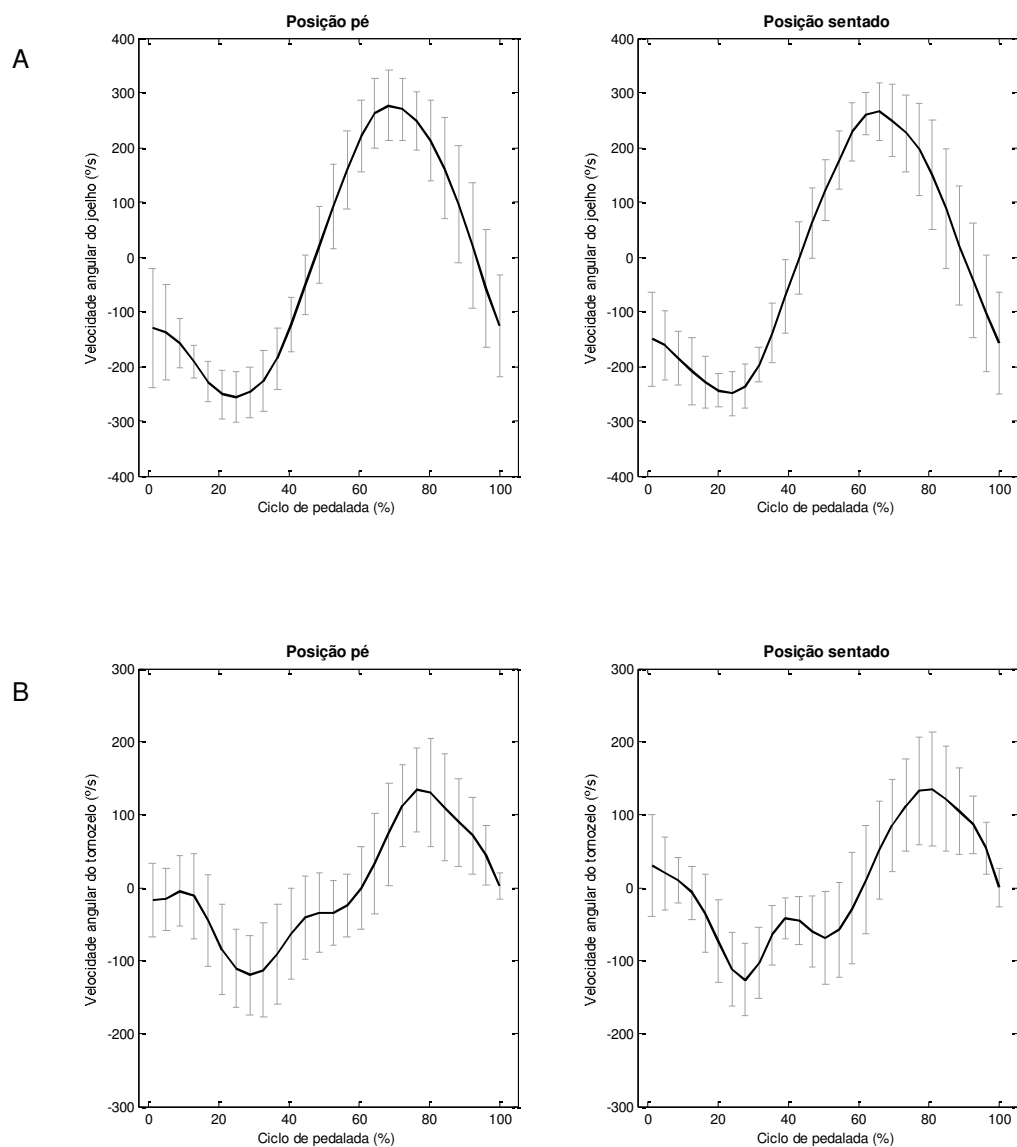
## 7. Resultados

A figura 11 representa a variação angular da articulação do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício. O perfil qualitativo verificado assemelha-se a um “U”, correspondendo os 50% iniciais à fase de recuperação e os 50% finais à fase de propulsão.



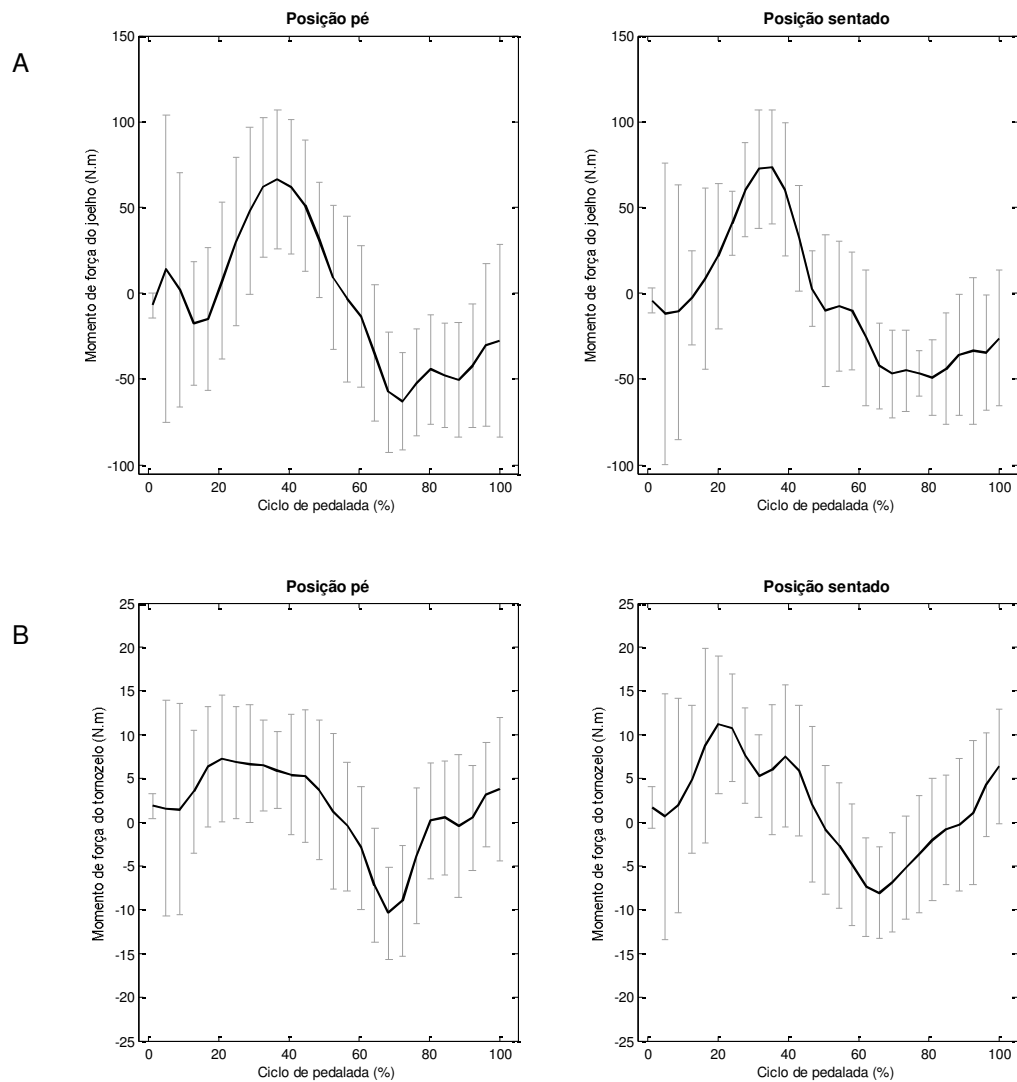
**Figura 11** - Variação angular da articulação do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício (posição de pé e posição sentado).

A figura 12 representa a variação da velocidade angular do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício. A avaliação qualitativa da velocidade angular do joelho parece demonstrar um perfil de dois picos contrários, correspondentes a velocidade negativa e positiva, respectivamente, um assistido pela força de impulsão hidrostática e outro resistido por essa mesma força. Relativamente à velocidade angular do tornozelo, esta traduz um perfil irregular, decorrente das forças de impulsão hidrostática adicionadas a forças de arrasto frontal.



**Figura 12** - Variação da velocidade angular do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercício (posição de pé e posição sentado).

A figura 13 representa a variação do momento de força na articulação do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercitação. A avaliação qualitativa parece demonstrar uma variação não uniforme para ambas articulações, decorrentes das fases do ciclo da pedalada.



**Figura 13** - Variação momento de força do joelho (painel A) e do tornozelo (painel B) nas duas condições de exercitação (posição de pé posição sentado).

A tabela 1 apresenta a comparação da cinemática angular entre as duas condições de exercitação. Os ângulos máximos, mínimo, amplitude angular e velocidade angular máxima da articulação do joelho foram sempre superiores na posição de pé quando comparados com a posição sentada, com valores de efeito prático reduzido. Já na articulação do tornozelo, apenas os ângulos máximo e mínimo diferiram da posição sentada, com valores superiores nesta última condição de execução.

**Tabela 1** - Valores médios e desvio padrão da cinemática angular nas duas condições de exercitação.

Variável	Posição	Articulação					
		Joelho	p	$\eta^2$	Tornozelo	p	$\eta^2$
Ângulo máximo (°)	sentado	160±12	<0.01	0.15	139±9	0.02	0.10
	de pé	168±9			134±7		
Ângulo mínimo (°)	sentado	86±9	0.04	0.04	100±8	0.03	0.03
	de pé	89±8			98±5		
Amplitude (°)	sentado	72±12	<0.01	0.11	39±13	0.65	0.02
	de pé	79±6			36±7		
Velocidade Angular máxima (°/s)	sentado	328±39	<0.01	0.09	203±48	0.38	0.01
	de pé	352±38			213±41		

A tabela 2 apresenta a comparação da cinética angular entre as duas condições de exercitação. Na articulação do joelho apresentou valores semelhantes para todas as variáveis nas duas condições de exercitação. Já para a articulação do tornozelo verificou-se uma força máxima horizontal e um momento de força máxima superiores para as posições de pé e sentado, respetivamente, com um efeito prático reduzido. As restantes variáveis não diferiram estatisticamente em termos de condição de execução.

**Tabela 2** - Valores médios e desvio padrão da cinética angular nas duas condições de exercitação.

Variável	Posição	Articulação					
		Joelho	p	$\eta^2$	Tornozelo	p	$\eta^2$
Força máxima x (N)	sentado	20±4	0.98	0	51±11	0.02	0.09
	de pé	19±4			45±8		
Força máxima y (N)	sentado	30±5	0.52	0	112±20	0.19	0.02
	de pé	29±5			107±18		
Momento de Força máximo (N.m)	sentado	100±27	0.52	0	21±7	0.03	0.06
	de pé	103±26			17±6		

## 8. Discussão

No presente estudo procurou-se analisar e comparar o comportamento cinemático e cinético da pedalada entre diferentes posições de exercitação em *hidrobike*. Pode concluir-se que: (i) a cinemática angular é alterada quando são assumidas diferentes posições de pedalada na hidrobike; (ii) as forças articulares mais elevadas ocorreram nas articulações mais distais, tais como o tornozelo, mas apenas quando a pedalada foi realizada na posição sentada.

Sendo o primeiro estudo deste âmbito e sendo escassas as evidências nesta modalidade concreta, os comportamentos foram, na sua maioria, analisados e discutidos com recurso ao uso da literatura emergente de análise de ciclismo no meio terrestre.

No que se refere à articulação do joelho os valores cinemáticos em ambas as posições estão em consonância com os valores indicados na literatura. Caldwell et al. (1999) reportaram valores de amplitude angular da articulação do joelho, na posição de pé em torno dos 82° (17-99°). Já na amostra em estudo os valores foram de 79° (89-168°). Relativamente à posição sentada, Shemmell & Neal (1998) reportaram valores de amplitude angular do joelho para a posição sentada de 73° muito próximos dos 72° do presente estudo. As semelhanças verificadas entre os dois meios justificam-se devido ao movimento padrão do ciclo de pedalar tanto em meio aquático como em meio terrestre, que apesar de estar sob o efeito de diferentes fluidos, parece não influenciar a articulação do joelho.

Já no que se refere à articulação do tornozelo, os valores deste estudo revelaram-se superiores do reportado pela literatura para o mesmo movimento em meio terrestre. Krause (2004) encontrou valores de amplitude articular do tornozelo na posição de pé a rondar os 25° (80-104°), contrapondo com os 36° (98-134°) deste estudo. Já na posição sentada, o mesmo autor identificou valores de amplitude angular de 17° (80-97°), ligeiramente inferiores aos 39° (100-139°) do presente estudo. Comparando com os valores já reportados para ciclismo terrestre, as diferenças verificadas podem dever-se ao facto deste estudo ter sido efetuado num meio distinto com propriedades diferentes devido à presença da água. Deste modo os valores de amplitude angular parecem aproximar-se de outros movimentos específicos em meio aquático. Embora sejam padrões motores muito diferentes pode haver alguma aproximação relativamente ao movimento produzido por cada articulação. Foram obtidas amplitudes articulares do joelho e tornozelo de 66° e 30° respetivamente, para a caminhada aquática (Orsell e Duarte, 2011).

Quando contrastando as duas condições de exercitação (de pé e sentada), verificou-se que os valores do ângulo máximo, ângulo mínimo e a amplitude para a articulação do joelho, foram mais elevados na posição de pé. Isto deve-se ao facto do corpo ficar posicionado mais

verticalmente comparativamente à posição sentada e ao eixo dos pedais o que proporciona, naturalmente, uma extensão facilitada do membro inferior. Deste modo, quando se adota posição de pé assiste-se a uma projeção mais anterior da bacia aumentado, assim, os valores angulares na articulação do joelho. Em contrapartida, na posição sentada promove-se uma projeção mais posterior da bacia o que provoca uma diminuição em todas as variáveis angulares no joelho.

Relativamente à articulação do tornozelo, esta revelou valores superiores de ângulo máximo e mínimo na posição sentada. O deslocamento angular do tornozelo é fortemente influenciado por mudanças na posição do corpo. Este facto deve-se à existência da maior parte do corpo se encontrar imersa. Assim, na posição sentada, o tornozelo tem de executar um movimento de maior amplitude angular para vencer a força de impulsão na fase de propulsão (fase descendente). Para além da força de impulsão, esta articulação tem de contrariar a força de arrasto frontal de pressão. Em termos cinemáticos, pode observar-se que na posição sentada, a posição do pé no pedal é alterada consoante a fase de propulsão e a fase de recuperação. Na fase de propulsão o pé tem tendência para fazer uma dorsiflexão para contrariar a força de arrasto frontal de pressão; na fase de recuperação faz uma flexão plantar, ficando o dedo do pé (hallux) numa posição mais descendente acabando por “dobrar” o pedal para baixo com o intuito do movimento ser facilitado pela força de impulsão.

Os valores máximos de velocidade angular para a articulação do joelho demonstraram-se muito próximos do referido pela literatura para ciclismo terrestre. Krause (2004) encontrou valores para o ciclismo terrestre em torno dos 300°/s e 250°/s para a posição de pé e sentada, respetivamente. Já no estudo em análise foram reportados valores de 352°/s para a posição de pé e 328°/s para a posição sentada. As ligeiras diferenças entre observações podem ser atribuídas às limitações impostas na velocidade da pedalada por cada um dos estudos. No estudo de Krause (2004) os sujeitos foram instruídos a pedalar a uma velocidade padronizada de 60 rotações por minuto. Já neste caso específico, optou-se por um ritmo musical em torno do 149 bpm correspondendo a 75 rotações por minuto. Este facto poderá ter tido efeito na obtenção da velocidade angular máxima e não ter sido ainda mais expressivo pelo facto da presença de água. Se fizermos uma comparação com valores obtidos noutras atividades aquáticas, verificamos a mesma tendência. Orselli e Duarte (2011) obtiveram picos de velocidade angular do joelho de 100°/s durante caminhada aquática que ficam muito aquém dos valores encontrados neste estudo. Este facto pode tão simplesmente explicar-se pelo padrão do movimento na água característico de cada uma das ações, que embora distintas, revelam modificações articulares das mesmas secções. O ato do caminhar assume-se como um movimento com deslocamento predominantemente horizontal, necessitando que o membro inferior vença o arrasto. Já o

pedalar faz-se numa posição estacionária com metade do movimento na direção vertical, que de certa forma culmina com modificações angulares a serem assistidas pela força de impulsão hidrostática e assim a obtenção de maiores picos de velocidade.

O presente estudo revelou que a velocidade angular máxima do joelho foi mais elevada na posição de pé quando comparada com a posição sentada. Esta posição reduz a área de superfície do corpo em imersão e consequentemente vai aumentar o peso a suportar em cada pedalada por um menor efeito da força de impulsão. Daí se verificar que diferentes posições na bicicleta, impõem diferentes comportamentos cinemáticos articulares. De acordo com as propriedades físicas da água anteriormente abordadas, o peso do sujeito diminui quando se está imerso na água. Esta propriedade é menos evidente na posição de pé na bicicleta, porque só 50% do peso é reduzido, uma vez que a água fica ao nível da bacia. Assim, o peso suportado aumenta e contraria a força de impulsão mais facilmente, auxiliando numa maior velocidade de pedalada.

Relativamente aos valores cinéticos obtidos para articulação do joelho, não se verificaram quaisquer diferenças entre ambas as posições de exercitação. Já para a articulação do tornozelo as diferenças foram notórias ao nível da força máxima horizontal e do momento de força máxima. No que toca à intensidade máxima da força horizontal na posição de pé, esta fixou-se nos 45N enquanto que na posição sentada foi de 51N. Para o ciclismo em meio terrestre a literatura reporta valores de força máxima horizontal de  $\approx 60N$  para a posição de pé e  $\approx 150N$  na posição sentada (Caldwell et al., 1999). Aparte das diferenças entre observações, importa referir a tendência em obter os maiores valores de força horizontal na posição sentada quando comparada com a posição de pé. Isto pode ser explicado pela maior intensidade necessária de imprimir ao pedal em termos horizontais já que em termos verticais, embora se contrarie a força de impulsão, esta tarefa acaba por ser assistida pela força da gravidade.

A mesma tendência foi observada para o momento de força máxima da articulação do tornozelo com valores de 17 N.m para a posição de pé e 21 N.m para a posição sentada. A própria alteração na posição do selim, o que pode ser analogia com a modificação da postura, revelou ser um fator com o efeito de diferentes momentos de força para a articulação do tornozelo em cicloérgometro (Ericson et al., 1986). O momento de força máxima, ao nível do tornozelo, parece ser maior na posição sentada uma vez que, como foi referido anteriormente, para os valores de angulação ao nível do tornozelo há mais corpo imerso e consequentemente maiores forças de arrasto frontal de pressão e força de impulsão. A maior angulação ao nível do tornozelo vai obrigar esta articulação a produzir maior força horizontal para vencer o arrasto frontal. Mais ainda, uma maior dimensão da alavanca imersa pode ter contribuído para este resultado.



Algumas questões estão subjacentes ao presente estudo que de certa forma limitam a extrapolação dos resultados. A amostra foi composta por 17 mulheres jovens entre os 18 e os 25 anos de idade. Os critérios de inclusão definidos estão de acordo com o já reportado na literatura para este tipo de estudos no meio aquático. Estes tiveram por base a possível influência que uma patologia músculo-esquelética, o grau de expertise ou a condição de gravidez poderiam acarretar na qualidade de execução da pedalada durante o teste. No entanto, foram selecionadas para este estudo participantes com participação regular em modalidades de *Fitness* dada a sua sensibilidade em cumprir com a cadência musical imposta para posterior comparação de comportamentos. Deste modo convém referir que os dados reportados apenas são representativos de sujeitos com estas características.

Para este estudo foi utilizado um programa informático de avaliação biomecânica (i.e., *Aerial Performance Analysis System*), conotado como a ferramenta *Gold Standard* para este tipo de análise de movimento. Atualmente, apesar de já existirem *Softwares* que permitem efetuar uma abordagem, em tempo real, a sua aplicabilidade fica circunscrita ao meio terrestre. Do conhecimento existente, os estudos com análise cinemática subaquática com obtenção “*in time*” de toda a forma e expressão do movimento permanecem ainda por publicar. Assim como, os sistemas disponíveis no mercado que permitem tal abordagem são demasiado dispendiosos e por sua vez exigem um *set up* moroso e pesado. Adicionalmente, são necessários marcadores anatómicos de reflexão suscetíveis de se perderem facilmente com o movimento dentro de água, dado o arrasto produzido por esse mesmo fluido. Deste modo, tendo em conta a necessidade de facilitar o processo experimental e a impossibilidade de obter recursos de ponta, recorreu-se ao programa informático de avaliação cinemática do movimento (i.e., APAS) visto ser um dos comercialmente mais utilizados para este fim e, também, por ser de relativamente fácil operacionalização para a consecução deste trabalho experimental. O sistema APAS, apesar de todas as limitações, forneceu dados fidedignos, permitindo atingir os objetivos do estudo. Contudo, não deixa de ser um mecanismo que está dependente da expertise do observador e a capacidade apurada no processo de digitalização.

Para ser possível ter uma abordagem cinética do presente estudo recorreu-se ao método de dinâmica inversa. Existem duas abordagens clássicas para determinar as forças produzidas durante um movimento: (i) a medida direta e; (ii) o procedimento analítico indireto. Contudo, a medição direta é considerada um procedimento demasiado invasivo que preconiza a colocação de transdutores dentro do corpo humano. Embora estas abordagens retratem com elevada fiabilidade a produção de força no músculo ou movimentos articulares que se pretendem analisar, apenas têm sido aplicadas em atletas de elite e militares. Atualmente, o seu uso parece descontinuado e a possibilidade da sua aplicação a outras populações (como as do presente

estudo) nunca será uma realidade. Deste modo tem-se recorrido a métodos como a dinâmica inversa para chegar a esse fim. A aplicabilidade da dinâmica inversa tem sido recorrente na análise de outras ações terrestres tão simples como o caminhar (Alkjaer et al., 2001), o correr (Bonacci et al., 2013), ou até mesmo em movimentos balísticos como o *top-spin* no ténis de mesa (Iino e Kojima, 2011) ou serviço no ténis (Martin et al., 2014). Mais recentemente, a sua aplicabilidade tem-se estendido para o meio aquático tomando como foco a caminhada aquática (Orselli e Duarte, 2011). Apesar de útil, convém realçar que a dinâmica inversa é um procedimento puramente de estimativa matemática que poderá a determinado ponto subestimar ou sobrestimar as forças internas produzidas.

## 9. Conclusões

Com o presente estudo pretendeu-se analisar e comparar o comportamento cinemático e cinético da pedalada entre diferentes posições de exercício em *hidrobike*. Após a apresentação e discussão dos resultados obtidos face à literatura consultada, e tendo em linha de conta os objetivos propostos e as hipóteses definidas, emergem as seguintes conclusões:

- Os valores de ângulo máximo, ângulo mínimo e amplitude para articulação do joelho foram mais elevados na posição de pé do que na posição sentada. Já para a articulação do tornozelo o ângulo máximo, o ângulo mínimo e amplitude foram mais elevados na posição sentada.
- Os valores de velocidade angular máxima, tanto para a articulação do joelho, como para a articulação do tornozelo, foram mais elevados na posição de pé do que na posição sentada.

Sendo assim confirmou-se a hipótese 1 com a existência de diferenças significativas no padrão cinemático entre as diferentes posições de exercício.

- Os valores cinéticos obtidos para articulação do joelho não demonstraram quaisquer diferenças entre ambas as posições de exercício. Já para a articulação do tornozelo as diferenças foram notórias ao nível da força máxima horizontal e do momento de força máximo com valores mais elevados para a posição sentada.

Sendo assim confirmou-se parcialmente a hipótese 2 com a existência de diferenças significativas na cinética angular entre as diferentes posições de exercício.

## 10. Propostas Futuras

“Não sigas por caminhos feitos. Abre antes o teu caminho e deixa um trilho”.

Muriel Strode (in Bento, 2004, p. 241)

Em função dos resultados obtidos, dos conhecimentos adquiridos, bem como das limitações do estudo, sugerem-se as seguintes futuras formas de intervenção:

- Analisar e comparar comportamentos biomecânicos em *hidrobike* em grupos diferenciados (p.e., em termos de faixa etária, género, nível de aptidão física, experiência na modalidade);
- Analisar e comparar comportamentos biomecânicos em *hidrobike* com a inclusão do movimento de outros segmentos corporais (p.e. membros superiores);
- Analisar e comparar comportamentos biomecânicos a diferentes cadências musicais;
- Analisar e comparar a ativação muscular entre diferentes posições de exercício;
- Inclusão de uma *start-up* no pedal do equipamento para aferir as forças exercidas no pedal com o intuito de melhor completar os dados obtidos.

## 11. Referências Bibliográficas

Abdel-Aziz, Y., Karara, H. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. Papers from the American Society of Photogrammetry, Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana, 1-18, Illinois.

Alkjaer T., Simonsen E.B., Dyhre-Poulsen P. (2001) Comparison of inverse dynamics calculated by two and three dimensional models during walking. *Gait Posture*. Apr;13(2):73-7.

Amadio, A. (1989). Fundamentos da Biomecânica do Esporte. Considerações sobre a Análise Cinética e Aspectos Neuro-musculares do Movimento. Tese de Doutorado. Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

Amadio, A., (1996). Fundamentos Biomecânicos para a análise do movimento humano. Edição da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Aquaplay, (2009). Benefícios da modalidade Hidrobike. Aquaplay. Retrieved 01-10-2013, from [http://www.aquaplay.pt/hidrobike\\_beneficios.html](http://www.aquaplay.pt/hidrobike_beneficios.html)

Aquatic Exercise Association, (2008). Manual do profissional de fitness aquático. Rio de Janeiro: Shape.

Barata, T. (2005). Actividade Física e Medicina Moderna. Odivelas. Europress.

Barbosa, T. (1999). As variantes da Hidroginástica enquanto forma de diversificar as aulas de actividades aquáticas. *Horizonte*. XV (89): 14-17.

Barbosa, T., Queirós, T. (2000). Manual prático de actividades aquáticas e Hidroginástica. Edições Xistarca. Lisboa.

Barbosa, T. e Queirós, T. (2005). Manual Prático de Actividades Aquáticas e Hidroginástica. 2ª Ed., Lisboa: Xistarca, Promoções e Publicações Desportivas, Lda.

- Bartlett R. (1997) Introduction to Sports Biomechanics. New York: E & FN Spon.
- Baumann, W. (1995). Procedimentos para determinar as forças internas na biomecânica do ser humano - aspectos da carga e sobrecarga nas extremidades inferiores. In: David, A.C., Fonseca, J.C.P., (ed).
- Bento, J. O. (2004). Desporto Discurso e Substância. Editora Campo das Letras, Porto.
- Bonacci J., Saunders P.U., Hicks A., Rantalainen T., Vicenzino B.G., Spratford W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. Br J Sports Med. 2013 Apr;47(6):387-92.
- Bonachela, V. (1994). Manual Básico de Hidroginástica. Rio de Janeiro: Editora Sprint.
- Bonachela, V., Nogueira, M. (1995). Aqua Gym. Revista Nadar, 87, pp. 19-31.
- Bonachela, V. (1999). Manual Básico de Hidroginástica. 2ª ed., Rio de Janeiro: Sprint, 94p.
- Bonachela, V. (2001). Hidro localizada. Rio de Janeiro, Sprint.
- Borges, A. T. (2007). Efeitos da Hidroginástica na Pressão Arterial Sistêmica, em variáveis metabólicas e na composição corporal em mulheres saudáveis com sobrepeso ou obesidade. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia; Uberlândia.
- Brasil, R. M., Di Masi, F. (2005). Manual de Aquaspin. Rio de Janeiro: Sprint.
- Caldwell G.E., Hagberg J.M., McCole S.D., Li L. (1999). Lower extremity joint moments during uphill cycling. Journal of Applied Biomechanics, 15, 166 to 181.
- Campion, M. R. (2000). Hidroterapia: princípios e prática. 1. ed. São Paulo: Manole.
- Castro, Cleison B. (2008). Efeitos da prática da hidroginástica nas capacidades físicas de mulheres de 44 a 59 anos de idade. Anuário da Produção Acadêmica Docente - Vol. XII, Nº 2, P.105-117.
- Costa, M.J., Oliveira, C., Teixeira, G., Marinho, D.A., Silva, A.J., Barbosa, T.M. (2011) The influence of musical cadence into aquatic jumping jacks kinematics. *Journal of Sport Sciences and Medicine*, 10, 607-615.

Cruz, H.R; Notini, J.R. (2004). Alterações nos níveis de stress em mulheres adultas a partir da introdução de atividades recreativas nas aulas de hidroginástica. Artigo monográfico do curso de pós-graduação em Educação Física na Faculdade Integradas Maria Thereza.

De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics* 29:1223-1230.

Delgado, C. A., Delgado (2001); Silva, Neto, (2006). A prática da hidroginástica. Rio de Janeiro: Sprint.

Donskoi, D. & Zatsiorski, V. (1988). *Biomecánica de los Ejercicios Físicos*. Ed. Pueblo y Educación, Havana-Cuba.

Enoka, R. (1988). *Neuromechanical Basis of Kinesiology*. Human Kinetics. Champaign, IL.

Ericson MO (1986). On the biomechanics of cycling. ---a study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. *Scand J Rehabil Med Suppl*.16: 1-43.

Ferguson C.J. (2009), An effect size primer: a guide for clinicians and researchers, *Profes Psychol*; 40: 532-538.

Figueiras, T. (2005). Hidroginástica uma Actividade para Todos. Texto de apoio apresentado ao Instituto Superior da Maia.

Figueiredo, S. A. (1996). Hidroginástica Académica e Estética. Rio de Janeiro: Sprint.

Iino Y, Kojima T. (2011). Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. *Sports Biomech*. Nov;10(4):361-77.

Katz, J. (1999). Exercícios aquáticos na gravidez. São Paulo: Manole.

Krause, M. (2004). A comparative analysis of pedaling in seated versus standing cycling.

Kruel L, Tartaruga L, Alberton C, Muller F, Petkowicz R. (2009). Effects of hydrostatic weight on heart rate during water immersion. *International Journal of Aquatic Research and Education*; 3, 178-185.

Leg G, Pollo F. (2001). Technology Overveiw: The gait analysis laboratory. Journal of Clinical Engeneering. Spring; 129-135.

Lopes, C. A., Santos, M. R. A. (2002). Alterações na composição corporal com a prática regular de hidroginástica. Trabalho de Conclusão de Curso de Educação Física, UFRJ: Rio de Janeiro.

Martin C., Bideau B., Ropars M., Delamarche P., Kulpa R., (2014). Upper limb joint kinetic analysis during tennis serve: Assessment of competitive level on efficiency and injury risks. Scand J Med Sci Sports. Aug;24 (4):700-7.

Morlock, J. F. & Dressendorfer, R. H. (1974). Modification of a standard bicycle ergometer for underwater use. Undersea Biomedical Research, 1:335-342.

Nahas, M.V; Kerbej, F.C. (2001). Natação: algo mais que 4 nados. São Paulo: Manole.

Nigg, B. M., Herzog, W. (2005). Biomechanics of the Musculo-Skeletal System. 2ª ed, Chichester: John Wiley e Sons, 643p.

Nogueira, E. (1997). Ginástica localizada- 1000 exercícios. Rio de Janeiro: Sprint.

Orselli, M.I., Duarte, M. (2011). Joint forces and torques when walking in shallow water. Journal of Biomechanics, 44 (6): 1170-5.

Ramaldes, A. (2002). Hidro 1000. Exercícios com acessórios. Revisão de Cristina da Costa Pereira. Rio de Janeiro: Sprint, 300p.

Santos, S. (2003). Hidroginástica, Novo Exercício. 2ª ed., Rio de Janeiro: Sprint.

Shemmell JB, Neal RJ (1998). The Kinematics of uphill, out of the saddle cycling. The North American Congress on Biomechanics, August 14-18, University of Waterloo, Ontario, Canada.

Sova, R. (1993). Ejercicios acuáticos. Editorial Paidotribo. Barcelona.

Sova, R. (1998). Hidroginástica na Terceira Idade. Tradução de Ana Maria Cardoso da Silva. Revisão de Maria Cecília Garcia. São Paulo: Manole. 210 p.



Tahara, A.K; Santiago, D.R.P; Tahara, A.K. (2006). As Atividades Aquáticas associadas ao processo de bem-estar e qualidade de vida; <http://www.efdeportes.com/>, Revista Digital, Bueno Aires, ano 11, nº 103.

Tenente, J. (2009). Hidrobike. Lisboa: CEFAD – Formação Profissional

Tsourlou, T., Benik A., Dipla, K., Zaferidis, A., Kellis, S. (2006). The effect of a Twenty-Four-Week Aquatic Training Program on Muscular Strength Performance in Healthy Elderly Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Champaign, V. 20, nº 4, p. 811-818.

Valsijev, I. A; (1997) Ginástica Aquática. Jundiaí: Ápice.

Villa; Calvo (1998). Actividades Acuáticas para personas Mayores – Fundamentos Teóricos y Sesiones Prácticas. Editorial Gymnos.

Willimczik, K. (1989). Biomechanik der Sportarten. Reinbek Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH.

Winter, D. A. (1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 2ª Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Winter D., (2005). Biomechanics and motor control of human movement. 3<sup>rd</sup>, Ed. Hoboken: John Wiley & Sons.

Winter E., (2008). Use and misuse of the term “significant”, *J Sports Sci*, 26: 429-430.

Yazigi, F., Pinto. S., Colado, J., Escalante, Y., Armada-da-Silva PA, Brasil R., Alves, F. (2013). The cadence and water temperature effect on physiological responses during water cycling. *Eur J SportSci*, 13 (6): 659-65.

Zílio, A. (2005). Treinamento Físico: terminologia. 2ª Ed. Canoas: Ulbra.

## 12. Anexos

### Anexo 1: Ficha de caracterização da amostra



**Instituto Politécnico da Guarda**  
**Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto**

### Ficha de Caracterização da Amostra

O presente questionário insere-se no âmbito do projeto de investigação “Análise biomecânica de diferentes posições de exercício em Hidrobike”, no sentido de caracterizar a amostra participante no mesmo.

Nome: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Estatura: \_\_\_\_\_ Massa Corporal: \_\_\_\_\_

Comprimento do membro inferior: \_\_\_\_\_

Dados Biomecânicos:

Posição sentada -

Posição de pé -

Medidas parcelares	
Coxa	
Perna	
Pé	

Observações:

1. Tem história atual ou anterior de alguma patologia músculo-esquelética? Sim ☐ Não ☐
2. Se respondeu sim a sua colaboração termina aqui. Obrigada.
3. Pratica ou já praticou alguma atividade física regular? Sim ☐ Não ☐
4. Se respondeu sim, qual? \_\_\_\_\_
5. Durante quanto tempo? \_\_\_\_\_
6. Média de vezes/semana: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
 (Data)

\_\_\_\_\_  
 (Assinatura da Mestranda)

**Obrigada pela colaboração**

**Anexo 2: Declaração de Consentimento Informado ao Participante**

**Instituto Politécnico da Guarda**  
**Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto**

**DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO AO PARTICIPANTE**

*Por favor, leia com atenção todo o conteúdo deste documento. Se não estiver completamente esclarecido não hesite em solicitar mais informações.*

Inês Dias Mendes Martins, Mestranda em Ciências do Desporto, no Instituto Politécnico da Guarda, pretende realizar um estudo experimental cujo objectivo principal tem como base a aplicação de um protocolo a uma amostra de doze participantes do género feminino, na faixa etária dos 18 aos 25 anos, a decorrer nos dias 10 e 11 de Fevereiro de 2015, para comparar a execução da pedalada em *Hidrobike*, em termos fisiológicos e biomecânicos com base nos seguintes indicadores:

- Consumo de oxigénio – recorrendo a um analisador de gases que recolhe o consumo de oxigénio através de uma máscara;
- Níveis de lactato no sangue – através de uma picada no dedo para recolha de uma gota de sangue;
- Frequência cardíaca – com a utilização de um cardiofrequencímetro;
- Pressão arterial – utilizando um esfigmomanómetro;
- Temperatura corporal – através de um analisador de temperatura corporal à superfície;
- Contração muscular – colocação de adesivos à superfície da pele;
- Gesto técnico – através de registo de imagens das articulações mais importantes marcadas previamente com um marcador preto.

No referido protocolo, os participantes vão executar um gesto específico de *Hidrobike*, durante 5 minutos, de acordo com uma cadência musical específica, em duas posições características da modalidade: 1) Sentado; 2) de pé.

O protocolo terá a duração de 30-45 minutos desde a fase inicial (preparação do participante) até à fase final (conclusão da aplicação de todos os testes).

A participação no protocolo é voluntária.

Os principais riscos na participação neste protocolo poderão ser um desconforto inicial na prática de exercício físico e uma possível sensação de cansaço.

*Li cuidadosamente o Consentimento Informado apresentado e entendi totalmente os procedimentos dos testes que irei realizar assim como os riscos e possíveis desconfortos. Tendo conhecimento dos riscos e visto que obtive a oportunidade de fazer perguntas e ter sido esclarecido/a, concordo em participar na realização dos testes do referido protocolo.*

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Data) \_\_\_\_\_ (Assinatura do Participante)

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Data) \_\_\_\_\_ (Assinatura da Mestranda)

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Data) \_\_\_\_\_ (Assinatura do Orientador)

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Data) \_\_\_\_\_ (Assinatura do Co-Orientador)